العصر النووي

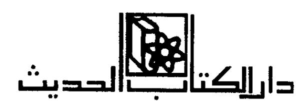
استكشاف اليورانيوم وتقييم خاماته ومكامنه المحتملة في بعض الدول العربية

دكتور/ عبد العاطي بدر سالمان

دار الكتاب الحديث

حقوق الطبع محفوظة

1426 هـ / 2005 م



القاهرة	94 شارع عباس العقاد – مدينة نصر – القاهرة ص.ب 7579 البريدي 11762 هاتف رقم : 2752990 (202 00) فاكس رقم : 2752992 (202 00) بريد إلكتروني : dkh_cairo@yahoo.com
الكويت	شارع الهلالي ، برج الصديق ص.ب : 22754 – 13088 الصفاه هاتف رقم 2460634 (965 00) فاكس رقم : 2460628 (965 00) بريد إلكتروني : ktbhades@ncc.moc.kw
الجزائر	B. P. No 061 – Draria Wilaya d'Alger– Lot C no 34 – Draria Tel&Fax(21)353055 Tel(21)354105 E-mail dkhadith@hotmail.com

رقم الإيداع	2004 / 20584
I.S.B.N.	977-350-105-1

تمهيـــد

يهدف هذا الكتاب إلي خدمة الناطقين باللغة العربيـــة بزيـــادة المعرفـــة والعمق الأكاديمي في بعض المجالات النووية سواء المتخصصـــين أو اللـــذين تستهويهم الرغبة في تنمية ثقافتهم في تلك الفروع العلمية المتقدمة.

وقد دفعني إلي وضع هذا الكتاب باللغة العربية عدة أسباب ، من أهمها أن المكتبة العربية تفتقر إلي هذا النوع من المراجع باللغة العربية.

أما السبب الثاني فهو تلخيص لخبرتي المتواضعة علي مدي أكثر مـــن أربعين عاما في مجالات استكشاف المواد النووية فـــي البيئـــات الجيولوجيـــة المختلفة وتقويم خاماتها حتى يستفيد منه كل من يطلب المزيد من العلم أو يعمل في هذا المجال الهام. هذا بالإضافة إلي كسر حائط الرهبة الذي يغلف موضوع القنبلة الذرية وذلك بالتعريف بها وتاريخهـــا ومكوناتهـــا بغـــرض الاســـتفادة الأكاديمية من هذا الموضوع المثير.

ويشتمل هذا الكتاب علي أربعة أقسام. يعالج القســـم الأول اليورانيـــوم والعصر النووي، حيث يشتمل علي خواص اليورانيـــوم وتطبيقاتـــه المختلفـــة واستخداماته في الأغراض السلمية والعسكرية. كذلك يشـــتمل علـــي التطـــور النووي خلال فترة تزيد علي قرن من الزمان بما فيه مـــن اكتشـــافات هامـــة وأحداث جسام منذ اكتشاف اليورانيوم والإشعاع إلي ضرب الولايات المتحـــدة الأمريكية مدينتي هيروشيما وناجازاكي اليابنيتين بالقنابل الذرية. كذلك ينـــاقش أيضا تطور الاستخدامات السلمية والعسكرية لليورانيوم في دول النادي النووي والدول التي تحاول اللحاق بهذا النادي، بالإضـــافة إلـــي محـــاولات إســـرائيل للاستمرار في الريادة النووية باستخدامها شتي الأساليب لإجهاض أي برنـــامج نووي لأي دولة في الشرق الأوسط كما حدث في عمليات إجهاضها للبرنـــامج النووي للعراق.

ويشتمل الجزء الأخير من هذا القسم علي موضوع شيق وهام ألا وهو: قصة القنبلة الذرية بداية من تاريخ القنبلة الذرية ومشروع منهاتن، الانشطار النووي والاندماج النووي ، ميكانيكية القنبلة وأشكال تصميمات عامة لقنبلتي اليورانيوم والبلوتونيوم. وتجدر الإشارة إلي أن هذا الموضوع قد تم الحصول علي جميع بياناته من شبكة المعلومات الدولية ، وقد تم ترجمتها بواسطة المؤلف، وذلك بغرض نشر الوعي العلمي وتبسيط هذا الموضوع للقارىء العربي مع التوصية باستخدام هذا الموضوع في النواحي التثقيفية والأكاديمية فقط. كذلك من الأهمية بمكان التنويه عن أن ناشر هذا الموضوع علي شبكة المعلومات الدولية لا يضع أي حظر أو حقوق نشر عليه بل أباح حرية استخدامه كما يلي:

Documentation and Diagrams
of the Atomic Bomb
Document courtesy of Outlaw Labs
Downloaded from the net 1996-01-02
Put into HTML 1996-09-22
Not copyrighted. May be reproduced freely.

ويشتمل القسم الثاني علي معادن وخامات اليورانيوم، وقد عولجت في هذا القسم معادن اليورانيوم سواء الأولية أو الثانوية والمعادن الإضافية، وكذلك تصنيف لخامات اليورانيوم الاقتصادية حسب ما ورد بأحدث مطبوعات الوكالة الدولية للطاقة الذرية. بالإضافة إلي ذلك فإنه يشتمل علي تطور إنتاج اليورانيوم العالمي وأسعاره والطلب عليه خلال فترة من الزمان علي المدي القصير والمدي الطويل.

أما القسم الثالث من هذا الكتاب فيعالج استكشاف وحساب احتياطيات خام اليورانيوم حيث يشتمل علي طرق التنقيب عن اليورانيوم واستكشافه، بما في ذلك من مسح إقليمي إلى تفصيلي سواء كان مسحا جيولوجيا أو جيوفيزيقيا

أو جيوكيميائيا. ويحتوي هذا القسم أيضا علي استخدام الحفر في استكشاف اليورانيوم بعمل قياسات إشعاعية للآبار . ويعالج أيضا إحدى المراحل الهامة في التنقيب عن اليورانيوم وهي المناجم الاستكشافية وطرق حساب احتياطيات خامات اليورانيوم بطريقة تفصيلية سواء باستخدام نتائج المناجم الاستكشافية أو آبار الحفر.

أما القسم الرابع من هذا الكتاب فيشتمل علي موضوع عن الدول العربية والعصر النووي، فلم يكن من المعقول أن يتم إغفال ذلك. ويشتمل هذا القسم علي منظومة متكاملة بداية من التعريف بدورة الوقود النووي حيث أنها تمثل العمود الفقري لأي تقانة نووية متقدمة، ثم نبذه مختصرة عن الخامات النووية في بعض الدول العربية بناءا" علي المعلومات المنشورة المتاحة، ثم يوصي الكاتب من وجهة نظرة عن أهم مكامن اليورانيوم المحتملة في كل دولة. وقد تم ختام هذا القسم بموضوع شديد الأهمية وهو أهمية البرامج النووية للدول العربية مع الأخذ في الاعتبار النواحي الاجتماعية والاقتصادية والاعتبارات الاستثمارية والبيئية و السياسية والاستراتيجية. وفي النهاية تم اقتراح بعض التوصيات لتفعيل البرامج النووية في الدول العربية.

وختاما فإنني أتمني أن ينتفع بما ورد في هذا الكتاب من معلومات متواضعة كل ناطق باللغة العربية فبالعلم والأخلاق تنطلق عجلة التنمية ويعم السلام، وبالسلام يسود الأمن وينتشر الرخاء.

المؤلف

عبد العاطي بدر سالمان

الفهـــــــرس

القسم الأول

1: اليورانيوم والعصر النووي

1-1: اليورانيوم

إن الثروات الطبيعية الهائلة المخزونة في الأرض غالبا ما تشكل الدعامة الأساسية لاقتصاد بلد ما. ولقد استخدم الإنسان عبر مسيرته الحضارية المعادن بدرجات متفاوتة تتناسب والتقدم العلمي الذي أحرزه وتمكن من توظيف ثرواته الطبيعية بما يخدم متطلبات بناء حضارته ، وضمن هذا الإطار ، استمرت فتوحات الإنسان العلمية إلى أن توجت باكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي ثم استعمال المواد المشعة لتوليد الطاقة النووية الهائلة والتي أصبحت سمة من سمات حضارة الإنسان المعاصر.

ومع تزايد الحاجة للكشف عن مكامن خامات العناصر المشعة تم توظيف جوانب من علم الفيزياء النووية في توجيه عمليات التنقيب الجيولوجية في الكشف عن مواقع وجود هذه الخامات في مختلف صخور القشرة الأرضية بالاعتماد على صفة الإشعاع التي تنفرد بها العناصر المكونة للمعادن المشعة. وتم تصميم أنواع كثيرة من أجهزة الكشف عن الإشعاع سهلة الحمل لأغراض المسح الإشعاعي الحقلي مثل عداد جيجر وعداد الوميض (Scintillation Counter) وعداد أطياف أشعة جاما وغيرها لقياس شدة الإشعاع المنبعثة من مختلف الصخور في أماكن وجودها وتثبيت مناطق الشاذات الإشعاعية (Radioactive Anomalies) وتحديد العناصر الباعثة لهذه الإشعاعات بواسطة تحديد مستويات طاقاتها المختلفة.

وسوف نعالج في هذا الجزء من القسم الأول خواص اليورانيوم وتطبيقاته المختلفة من توليد الكهرباء واستخداماته الأخرى السلمية والحربية. هذا بالإضافة إلي التعرض لعنصر البلوتونيوم بشيء من التفصيل لما له من أهمية وخاصة في المجالات العسكرية والمدنية. تم سرد التطور الزمني للعصر النووي بما فيه من أحداث جسام منذ اكتشاف اليورانيوم والإشعاع إلي ضرب الولايات المتحدة الأمريكية مدينتي هيروشيما وناجازاكي اليابانيتين بالقنابل الذرية، وتطور الاستخدامات السلمية والحربية لليورانيوم في دول النادي النووي والدول التي تحاول أن تلحق بهذا النادي.

1-1-1: خواص اليورانيوم

اليورانيوم فلز عالي الكثافة يمكن استخدامه كمصدر هام لإنتاج الطاقة المركزة، وتبلغ درجة انصهار اليورانيوم 1132 °م . ويوجد اليورانيوم في معظم الصخور بتركيز يتراوح بين 2 إلى 4 جزء في المليون ، وهو من الفلزات المألوفة في القشرة الأرضية مثل الصفيح والتنجستين والموليبدنيوم . كذلك يوجد اليورانيوم في مياه البحار ويمكن استخلاصه من مياه المحيطات لو ظهر ارتفاع ملحوظ في أسعار اليورانيوم. وقد اكتشف اليورانيوم عام 1789 بواسطة" مارتن كلا بروث"– وهو كيميائي ألماني – في معدنه المسمى بالبتشبلند . وترجع تسميته بهذا الاسم إلى كوكب اورانوس والذي كان قد تم اكتشافه منذ ثماني سنوات قبل ذلك. واليورانيوم ليس مكونا أساسيا في عناصر المجموعة الشمسية، ويمثل تحلله الإشعاعي مصدرا أساسيا للحرارة داخل الأرض مسببا تيارات الحمل وتباعد القارات. وتميز اليورانيوم بكثافته العالية يجعل له استخدامات أخرى في هيكل قواعد اليخوت ووحدات الاتزان والتوجيه في الطائرات مثل الدفة والروافع.

ذرة اليورانيوم

مقارنة بثقل النواة يعتبر اليورانيوم الأكثر ثقلا بين جميع العناصر الطبيعية (أخفها الهيدروجين)، وتبلغ كثافة اليورانيوم 7 ،18 مرة مثل كثافة المياه. ومثل بعض العناصر الأخرى ، يوجد اليورانيوم في أشكال مختلفة تعرف بالنظائر ، تختلف عن بعضها البعض في (النيترونات) في النواة (شكل1-1) ، ويتكــون اليورانيوم الطبيعي الموجود في القشرة الأرضية من خليط من نظيــرين همـــا: يورانيوم 238 ويشكل 3و 99% واليورانيوم 235 الذي يكون حوالي 7 ،. % من اليورانيوم. ويعتبر النظير يورانيوم 235 مهما لقابليته للانقسام مخلفا طاقـــة هائلة ، ولذلك يسمى منشطرا ، وقد دعانا ذلك إلى استخدام تعبيـــر الانشـــطار النوى. وفى نفس الوقت ، مثل كل النظـــائر المشـــعة فانــــه يتحلـــل. ويتحلـــل اليورانيوم 238 ببطئي شديد ، ونصف العمر الخاص به يساوى عمـــر الأرض (450 مليون سنة) وهذا يعنى انه مشع بالكاد، اقل من كثيـــر مـــن النظـــائر الموجودة في الصخور والرمال . وبالرغم من ذلك فهو يولد 1،.وات / طـــن، وهذا كافيا لتسخيـــن لب الأرض.

الطاقة المنبعثة من ذرة اليورانيوم

تحتوى نواه اليورانيوم -235 على 92 بروتون و143 نيوترون (92 + 143 + 235) وعندما تتعرض نواه اليورانيوم 235 إلى نيـــوترون فإنهـــا تنقسم إلى اثنين(انشطار) مخلفة بعض الطاقة على شكل حرارة، كذلك يخـــرج منها في نفس الوقت اثنين أو ثلاثة . وإذا تمكن عدد كافي من تلك النيوترونات بالقيام بعملية انشطار لأنويه ذرات أخرى مخلفة نيوترونات أخرى، فانه ينـــتج عن ذلك سلسلة من التفاعل الانشطار (شكل 1-2)، وعندما يحدث ذلك ويتكرر ملايين المرات فينتج عن ذلك كميات هائلة من الحرارة من كمية صغيرة مـــن اليورانيوم. خلال هذه الطريقة يتم حرق اليورانيوم في المفاعل النووي وتستخدم الحرارة الناتجة في إنتاج البخار الذي يستخدم في توليد الكهرباء.

وفي داخل المفاعل النووي يستخدم وقود اليورانيوم بطريقة يـتم فيهـا التحكم في سلسلة التفاعل الانشطاري، وتستخدم الحرارة الناتجة عن انشـطار ذرات اليورانيوم 235 في إنتاج البخار الذي يقوم بلف التربينة التي تقوم بالتالي بتشغيل المولد لإنتاج الكهرباء .

وينتمي عنصر اليورانيوم إلى مجموعة الأكتينيدات (Actinides)، وهي مجموعة من العناصر التي تمتاز بتقارب شديد في أحجامها الأيونية فمثلا قيمة نصف قطر أيون اليورانيوم U^{+4} هو (05، 1 A^0) ونصف قطر أيون الثـور يوم Th^{4+} هو(1، 1 A^0) وكنتيجة لهذا التقارب فـي أنصـاف الأقطـار الأيونية وعدد من الصفات والخواص الطبيعية الأخرى نلاحـظ ترافـق وجود العنصرين في الطبيعة باستمرار. ويعتبـر عنصـر اليورانيـوم مـن الناحية الجيـوكيميائية مـن مجموعـة عناصـر الليثوفاـيل (Lithophile Elements) وتعرف كذلك بعنـاصر الأوكسيفـيل (Oxyphile Elements) وهي العناصر التي تنتمي إلى الطور السليكاتي في صخور القشرة الأرضـية، وتتميز بقابليتها العالية للأكسدة بالمقارنة مع عنصر الحديد، حيث توجـد علـى شكل أكسيد أو أملاح مؤكسدة مع المعادن السليكاتية.

ويوجد اليورانيوم في الطبيعة على هيئة نظائر غيـر مسـتقرة تتحلـل طبيعا. ، ونذكر هنا سلسلة تحلل النظيرين U^{238} و U^{235} لأهمية وجودهما في الطبيعة. وتدعى سلسلة تحلل اليورانيومU^{238} بسلسـلة عائلـة اليورانيـوم — راديوم. ومن أهم نتائج تحلل النظائر لهذه السلسة هو عنصـر الراديـوم Ra . وينبعث عن هذه السلسة بالتحلل المستمر (Continuos Disintegration) ثمـان جزيئات ألفا وستة جزيئات بيتا ويكون نظير الرصـاص Pb^{206} هـو النـاتج المستقر النهائي لهذه السلسلة كما هو موضح في المعادلة التالية:

$$He + {}^{206}Pb^{84} \text{ ------------------}\blacktriangleright {}^{238}U$$

أما سلسلة تحلل عنصر اليورانيوم 235 المعروفة بسلسلة اليورانيوم – أكتينيوم فتتضمن سبعة جزيئات ألفا وأربعة جزيئات بيتا ويكون نظير الرصاص 207 الناتج النهائى المستقر لهذه السلسلة كما هو موضح في المعادلة التالية:

$$He + {}^{207}Pb^{74} \text{ ------------------}\blacktriangleright {}^{235}U$$

وتتم عمليات التحول هذه بفترات زمنية تختلف باختلاف العنصر المشع، وحسب قيمة نصف العمر له (half life) ، وهى التي تعرف بأنها الفترة الزمنية اللازمة لتحلل نصف عدد ذرات أي كمية من المادة المشعة وتحولها إلى نظير آخر في سلسلة التحلل لذلك العنصر. فمثلا نجد أن نصف العمر لليورانيوم U^{238} هو ما يقارب 10^9 x 5، 4 سنة ولليورانيوم U^{235} هو $7,1x10^8$ سنة. ومن هنا فإن دراسة وتثبيت نسبة العنصر الأساسي إلى العنصر المستقر النهائي مثل Pb^{2206}/U^{238} و Pb^{207}/U^{235} في صخور التكوينات الجيولوجية المختلفة تمثل القاعدة الأساسية لتعيين الأعمار الجيولوجية بالطرق الإشعاعية (Radiogeochronology) وبالرغم من أن اليورانيوم يعتبر من العناصر التي توجد بنسبة ضئيلة في الطبيعة (حوالي جزأين بالمليون) إلا أن خصائصه الجيوكيمائية تسمح بتركيزه بنسب عالية جدا ترقى إلى 6000 جزء بالمليون وأكثر كما هو مبين في أنواع ترسباته الموضحة بالجدول 1-1. ولا يعتبر اليورانيوم متماثل التوزيع في صخور القشرة الأرضية ولكنه قد يتركز في داخل بعض التكوينات الفلزية الأصل أو متحدا مع بيئات متميزة أو صخور مضيفة. والجدول التالي يبين نسب وجود اليورانيوم في صخور القشرة الأرضية المختلفة (جدول 1-2).

جدول 1-1 : نسب وجود اليورانيوم فى أنواع رواسبه المختلفة

تركيز اليورانيوم (جزء بالمليون)	أنواع رواسب اليورانيوم	
6000	رواسب عرقيه	Vein type deposits
2000	رواسب الصخور الرمليه	Sandstone deposits
1000	رواسب الرصيص	Conglomerate deposits
380	الاسكايت	Alaskite deposits
250	رواسب الفوسفات	Phosphate deposits
65	رواسب الطفل الاسود	Black shale deposits
11	رواسب البوكسيت	Bauxite deposits

جدول 1-2 : نسب وجود اليورانيوم في صـــخور القشـــرة الأرضـــية المختلفة

نوع الصخور		معدل التركيز (جزء بالمليون)
1- الصخور فوق القاعدية	Ultra basic rocks	0,001
2- الصخور القاعدية	Basic rocks	0,5
3- صخور السيانيت	Syenitic rocks	3
4- صخور الجرانيت	Granite rocks	3,5
5- صخور الطفل الأسود	Black shale	3,2
6- الصخور الرملية	Sandstones	0,45
7- الصخور الجيرية	Limestones	2,2
	النفط 0,1	
	مياه البحار 0,003	

1-1-2: إنتاج الكهرباء

تشترك المحطات النووية ومحطات الوقود الأحفورى، والتي لها نفس القدرة في العديد من الصفات، فكلاهما يحتاج إلى حرارة لإنتاج البخار لإدارة التربونات والمولدات، ولكن في المحطات النووية (شكل 1-3) فان انشطار ذرات اليورانيوم يحل محل احتراق الفحم أو الغاز.

ويتم التحكم في التفاعل التسلسلي والذي يحدث في قلب المفاعل النووي بواسطة قضبان الوقود، والتي تمتص النيوترونات التي يمكن إدخالها أو سحبها لوضع المفاعل في مستوى القوى المطلوبة . ويحيط بعناصر الوقود النووي مادة تسمى المهدىء. وذلك لإبطاء سرعة النيوترونات المنبعثة، وعلى ذلك تمكن التفاعل التسلسلي من الاستمرار، ويستخدم الماء أو الجرافيت أو الماء الثقيل كمهدئ طبقا لنوع المفاعل (شكل: 1-4).

وتجدر الإشارة إلي أن قدرة المفاعل تتوقف علي تصميمه الأصلي ونوع الوقود المستخدم، هذا ويمكن لمفاعل بقوة 1000 ميجاوات أن ينتج كمية من الكهرباء تكفى مدينة حديثة يقارب تعداها المليون نسمة. ويمكن لعدد 35 مفاعل بهذه القدرة أن تمد استراليا بكل ما تحتاجه من قوي كهربية [1] شبكة المعلومات الدولية:(http://www.uic.com.au/uicphys.htm).

1-1-3: اليورانيوم والبلوتونيوم

بينما يطلق على اليورانيوم 235 " انشطاري fissile فان اليورانيوم 238 يسمى مخصب fertile ، وهذا يعنى أنه يمكن أن يجذب capture إحدى النيوترونات المتطايرة فى جوف المفاعل ويتحول بطريقة غير مباشرة إلى بلوتونيوم 239 الذي يتميز بخاصية الانشطار. ويشبه البلوتونيوم 239

اليورانيوم 235 فى قابليته للانشطار عند قذفه بنيوترون، وهذا أيضا ينتج طاقة كثيرة.

وحيث أنه يوجد كمية كبيرة من اليورانيوم 238 في جـوف المفاعـل (معظم الوقود) فان هذا التفاعل يحدث عادة، وفى الحقيقة فان حوالي ثلث الطاقة الناتجة تأتى من حرق البلوتونيوم 239. ولكن أحيانا يكتسب البلوتونيـوم 239 أحد النيترونات بدون أن ينشطر، وفى هذه الحالة يتحول إلي بلوتونيـوم 240، ولأن البوتونيوم 239 إما أن يتحول باستمرار أو يصـبح بولوتونيـوم 240 ، وكلما بقى الوقود مدة أطول في المفاعل كلما تكون بلوتونيوم 240 أكثر. ودلالة ذلك أنه عندما يأخذ الوقود المستنفد بعد حوالي ثلاث سنوات ، فان البلوتونيـوم الموجود به لا يصلح لصنع أسلحة نووية ولكنه يمكن تدويره كوقود مرة ثانية[2] (http://www.antenna.nl/nvmp/plato3htm).

1-1-4: من خام اليورانيوم إلى وقود المفاعل

يتم تعدين خام اليورانيوم (استخراجه من الأرض) بطريقتين إمـا عـن طريق شق المناجم التحت سطحية أو المناجم المكشوفة وهذا يعتمد على عمـق الخام وطريقة تواجده. بعد تعدين الخام يتم تكسيره وطحنه، وبعـد ذلـك يـتم معالجته بالحامض لإذابة اليورانيوم ثم استرجاعه بعد ذلك من المحلول. ويمكن تعدين اليورانيوم بطريقة استخلاصه في مكان تواجده ISL ، حيث يتم إذابتـه من الخام وهو في مكانه الأصلي ثم يرفع بواسطة طلمبات إلى السطح. والمنتج النهائي من عملية مراحل المنجم والمصنع آو الاستخلاص المكانى ISL هـو ركاز اليورانيوم أكسيد (U_3O_8) ، وهذه هي الحالة التى يباع اليورانيوم عليهـا، وقبل أن يستخدم هذا المنتج في مفاعلات إنتاج الكهرباء فانه يمر بعدة عمليـات حتى يكون صالحا للاستخدام كوقود في المفاعلات.

وفى معظم دول العالم فان الخطوة التالية لعمل وقودا يصلح للاستخدام هو تحويل أكسيد اليورانيوم إلي غاز سادس فلوريد اليورانيوم UF_6 والذي يجعله قابلا للإثراء الذي يتم فيه زيادة نسبة اليورانيوم 235 من مستوى وجوده في الطبيعية 7،.%إلى 3-4 %. وهذه العملية ترفع الكفاءة الفنية في تصميم المفاعل وتشغيله وخاصة المفاعلات الكبيرة ويسمح باستخدام الماء العادي كمهدى. بعد عملية الإثراء ، يتم تحويل سادس فلوريد اليورانيوم UF_6 إلى أكسيد اليورانيوم UO_2 والذي يكون أقراص الوقود، وتوضع هذه الأقراص في داخل أنابيب رقيقة من الفلز والتى ترتب على هيئة حزم من الوقود النووي الذي يوضع في لب المفاعل[1] (شكل 1-5) .

أما عن المفاعلات التى تستخدم اليورانيوم الطبيعي كوقود لها ومن ثم فإنها تحتاج جرافيت أو ماء ثقيل كمهدى فان ركاز ثامن أكسيد اليورانيوم U_3O_8 يحتاج ببساطة إلى تكريره وتحويله مباشرة إلى أكسيد اليورانيوم UO_2.

أما بالنسبة للوقود المستنفذ فانه يرفع من المفاعل ويتم تخزينه (شكل 1-6)، تمهيدا لتدويره للاستخدام مرة ثانية أو تخزينه في باطن الأرض، علما بان هناك العديد من دراسات خاصة بإدارة المخلفات الإشعاعية طبقا لمستوياتها الإشعاعية.

1-1-5: استخدامات أخرى للطاقة النووية

يعلق بأذهان الكثير من الناس، عندما يتحدثون عن الطاقة النووية أنها مقصورة على المفاعلات النووية أو ربما الأسلحة النووية، ولكن قليل من الناس يعرفون المدى الرحب لاستخدامات النظائر المشعة والتي ساهمت في تغير حياتنا من منذ عشرات السنين. فإنه باستخدام مفاعلات نووية صغيرة لأغراض خاصة يمكن إنتاج مواد إشعاعية متنوعة (النظائر) بتكلفة زهيدة، ولهذا السبب فان استخدام النظائر المشعة المنتجة صناعيا قد أصبح واسع الانتشار منذ أوائل

الخمسينيات ،حيث يوجد الآن حوالي 270 مفاعل بحثي في 59 دولة ينتجــون تلك النظائر.

النظائر المشعة

نحتاج في حياتنا اليومية إلي الطعام والماء والصحة الجيــدة، وتلعــب النظائر المشعة في وقتنا الحالي دورا هاما في التقنيات التي تمدنا بهذه المنظومة الثلاثية، ويتم إنتاج النظائر المشعة بواسطة قذف كميات صغيرة مــن بعــض العناصر بواسطة النيوترونات.

ففي الأغراض الطبية يتسع استخدام النظائر المشــعة فــي تشــخيص الأمراض والبحوث ذات الصلة كما يلي:

- فمثلا الصبغات الكيميائية المشعة تصدرا أشعة جاما والتي تعطى معلومات هامة لتشخيص الأمراض لبعض أجزاء الجسم وكفــاءة بعــضَ الأعضــاء الخاصة، كذلك فان العلاج بالأشعة يستخدم النظائر المشعة في معالجة بعض الأمراض مثل السرطان. كما تستخدم أشعة جاما التى تنبعث مــن مصــدر قوى في تعقيم السرنجات والشاش وبعــض الأجهــــــزة الطبيــــــة الأخرى (شكل 1-7).
- أما التطبيقات في حفظ الأطعمة فان النظائر المشعة تستخدم في منع إنبــات جذور المحاصيل بعد حصادها وذلك لقتل الطفيليات والآفات المؤذية التــي يمكن أن توجد بها، كذلك تســتخدم فــي الــتحكم فــي إنضــاج الفواكــه والخضراوات المخزنة ومدة صلاحيتها . ومن الجدير بالذكر أن الأطعمــة المشععة أصبحت مقبولة من الهيئات الصحية والعالمية للاستهلاك البشــرى في عدد من الدول ومــن أمثلــة ذلــك البطــاطس والحبــوب والفواكــه والمعلبات.وتسهم عملية تشعيع الأغذية في مقاومة الطفيليات وجراثيم التسمم الغذائي[3] .

- كذلك تلعب النظائر المشعة في الحفاظ على نباتات المحصولات وعمليات الإكثار الخاصة بها، فهي تستخدم لزيادة الإنتاجية ومكافحة الآفات والتغيرات المناخية في العديد من المحصولات، وفى دراسة كيف تؤثر الأسمدة والمبيدات في تلك المحاصيل لزيادة إنتاجية وصحة حيوانات التسمين .

- وتستخدم النظائر المشعة أيضا في الصناعة والتعدين ، حيث تستخدم لفحص اللحامات للكشف عن مواقع التسرب في مواسير خطوط البترول والوحدات الصناعية المتقدمة ، كذلك تستخدم في دراسة معدلات تآكل الفلزات ، وفى التحاليل الخاصة بالعديد من المعادن والوقود، وهناك العديد من الاستخدامات الأخرى ، حيث تستخدم النظائر المشعة المشتقة من البلوتونيوم الذي يتكون في المفاعلات في الأجهزة المنزلية الخاصة بالكشف عن الدخان. كذلك تلعب المعالجة الإشعاعية دورا هاما في تنقية مخلفات الصرف الصحي [3]

- وتستخدم النظائر المشعة بواسطة رجال الشرطة في مكافحة الجريمة، وذلك بالكشف والتحليل للملوثات في البيئة وفى دراسة حركة المياه السطحية، وقياس معدل سريان المياه من الأمطار والثلوج كذلك في قياس معدلات سريان المياه في الروافد والأنهار.

مفاعلات أخرى

- هناك استخدامات أخرى للمفاعلات حيث يوجد اكثر من 200 مفاعل نووي صغير بقوة 150 تستخدم في السفن ومعظم الغواصات والطائرات. وذلك يمكنها من البقاء في البحر أو الفضاء لمدة طويلة بدون تزويدها بالوقود.

- كذلك يمكن استخدام الحرارة الناتجة من المفاعلات النووية مباشرة زيادة على استخدامها في توليد الكهرباء – ففي السويد وروسيا على سبيل المثال

- لتسخين المساكن وإمداد العديد من العمليات الصناعية بالحرارة اللازمة مثل محطات إزالة ملوحة مياه البحر.

الأسلحة الحربية

لقد استخدم اليورانيوم والبلوتونيوم لصناعة القنابل قبل أن تظهر أهميتهما في إنتاج الطاقة الكهربائية والنظائر المشعة، ولكن هناك اختلاف بين نوع اليورانيوم والبلوتونيوم الذين يستخدمان في صناعة الأسلحة النووية والذي يستخدم في محطات الطاقة النووية. وتجدر الإشارة إلي أن اليورانيوم القابل للاستخدام في صناعة القنابل لابد أن يكون عالي الإثراء (اكثر من 90% يورانيوم -235) بدلا من 5، 3 %. أما البلوتونيوم المناسب لانتاج القنابل فلابد أن يكون عالي النقاوة (اكثر من 90 % بلوتونيوم 239) ويتم تحضيره في مفاعلات خاصة.

في هذه الأيام ولأسباب الحد من انتشار الأسلحة النووية، فإن الكثير من اليورانيوم الحربي قد أصبح متاحا لإنتاج الكهرباء حيث يخفف اليورانيوم الحربي بنسبة 25 :1 باليورانيوم المستنفذ (معظمه يورانيوم -238) خلال عمليه الإثراء وذلك قبل استخدامه فيمحطات القوى النووية. وتجدر الإشارة إلي أن عدد المحطات النووية العاملة علي مستوي العالم قد وصل إلي 435 بالإضافة إلي 33 تحت الإنشاء حسب بيانات عام 1998(شكل1-8).

ولأهمية **البلوتونيوم** واستخداماته المتعددة فقد تم تناوله بشيء قليل من التفصيل كما يلي:

تعريفة

يمثل البلوتونيوم عنصرا مشعا من صنع الإنسان وترتيبه الثاني بين مجموعات عناصر اليورانيوم، ورقمه الذرى 94 ووزنه الذري 244 . وقد تم إنتاجه لأول مرة عام 1940 بواسطة جلين سيبورك ومساعديه في جامعة

كاليفورنيا ببركلي بالولايات المتحدة الأمريكية، وذلك باستخدام السيكلوترون للحصول على نظير البلوتونيوم 238 كناتج من قذف اليورانيوم 235 بالنيوترونات . ومنذ ذلك الوقت ، فقد أصبح للبلوتونيوم أهميه خاصة وذلك بسبب دوره في المفاعلات والأسلحة النووية.

والبلوتونيوم عبارة عن فلز فضي اللون ، ينصهر عند درجة حرارة 85,639 درجة مئوية (1184 درجة فهر نهيت) ويصل درجة الغليان عند 3230 درجة مئوية (5846 درجة فهر نهيت) وكثافته 8 ،19 جم / سم ^{3} . والبلوتونيوم من مجموعة عناصر "الاكتينيدات" ويشبه الأرضيات النادرة ، ويمكنه أن يمر بخمسة حالات بين درجة حرارة الغرفة ودرجة حرارة الغليان، ويدخل في السبائك مع العديد من الفلزات مثل الألومنيوم والبريليوم والكوبالت والحديد والمنجنيز والنيكل والفضة. وقد تم تحضير العديد من مركبات البلوتونيوم مثل أكسيد البلوتونيوم وعدة مركبات هالوجينية.

نظائر البلوتونيوم

يوجد البلوتونيوم بكمية شحيحة في خامات اليورانيوم الطبيعية، وتعتبر المفاعلات النووية والمعامل هي المصدر الحقيقي لهذا العنصر. ويتم إنتاج على الأقل 15 نظيرا مشعا للبلوتونيوم تنحصر أوزانها الذرية بين 232 إلى 246 ، ويمثل البلوتونيوم 239 أهمها . ويتميز هذا النظير بقابليته للانشطار عند تعرضه لمقذوفات نيوترونية ببطيء، ويتم تحضيره في المفاعلات النووية. وتبدأ عملية إنتاج البلوتونيوم 239 باستيلاء اليورانيوم 238 على النيوترونات ويتبع ذلك تحلل إشعاعي بخروج 2 جزئ بيتا. والبلوتونيوم239 – والذي تبلغ فترة نصف العمر له 000 24 سنة – يتحلل بانبعاث جزيئات ألفا، ويتحول إلى يورانيوم 235. وهناك نظيرا آخر هام للبلوتونيوم هو البلوتونيوم 238 والذي يتحلل بانبعاث جزيئات ألفا ، ويبلغ نصف العمر له 88 سنه، ويعتبر البلوتونيوم 242 أطول نصف عمر حيث يصل إلي 37600 سنة [4]

الاستخدامات

إن خاصية الانشطار للبلوتونيوم 239 وإمكانية إنتاجه بكميات كبيرة في المفاعلات النووية جعله من المناسب كمادة نووية انشطارية، وكعامل انشطاري في القنابل الذرية والهيدروجينية، وقد استخدم البلوتونيوم 239 لصناعة القنابـــل الذرية التي ألقيت فوق هيروشيما وناجازكى في عام 1945.

إن مفاعل كبير يعمل بالماء الخفيف ويستخدم يورانيـــوم 235 كوقـــود يمكنه أن ينتج سنويا 225 كيلو جرام (495رطل) بلوتونيوم كناتج ثانوي غالبيته بلوتونيوم 239. ويؤخذ هذا المنتج الثانوي ليستخدم في قضبان الوقـــود التـــي تحتوى على أكسيد البلوتونيوم وأكسيد اليورانيوم، كذلك يستخدم البلوتونيوم 239 كوقود في بعـــــض مفاعلات الولود السريع التي تسمي الــــ:

Liquid-metal-cold fast breeder reactor (LMFBR)

وعلى هذا يمكن أن يستثمر البلوتونيوم في المستقبل في إنتـــاج الطاقـــة الكهربية. وله استخدام أخر، حيث أن الحرارة الناتجة عن التحلـــل الإشـــعاعي للبلوتونيوم 238 قد زودت سفينة الفضاء ابوللو والأقمار الصـــناعية بالطاقـــة الحراري – كهربية. ويستخدم هذا النظير أيضا كمادة مساعدة لتقوية القلب فـــي تجارب القلوب الصناعية. ومن بين النظـــائر الأخـــرى لهـــذا العنصـــر فـــان البلوتونيوم 242 والبلوتونيوم 244قد ثبت أهميتهما فـــي البحـــوث الكيميائيـــة وبحوث الفلزات.

تحضيره

تعتمد طرق فصل وتنقيه البلوتونيوم من نفايات الوقود المحتـــرق فـــي المفاعلات النووية على خاصية إمكانية وجود البلوتونيوم في الأشكال الثلاثيـــة والرباعية والخماسية والسداسية من حالات الأكسدة، حيث أن كلا منها يختلف في الخواص الكيمائية . في إحدى طرق الفصل يتم استخدام طريقة الـــ redox (الاختزال –الأكسدة) فان اليورانيوم والبلوتونيوم الناتج من المفاعل يذاب في

حامـــض النيتريك ، ويتـــم أكسدته إلى الحالــــة السداسية ويتم استخلاصــــه بمـــــادة الهـــكسون (Hexane methyl-n-butyl ketone) ، وبهذا يتم فصــــلها عن النواتج الانشطارية الأخرى. ثم يوضع الهيكســـون مـــع محلـــول نتـــرات الألومنيوم الذي يحتوى على عامل اختزال، وهـــذه الخطـــوة لا تـــؤثر علـــى اليورانيوم ولكنها تحول البلوتونيوم إلي حالة الأكسدة الثلاثيـــة وتجعلــه قابـــل للاستخلاص كمحلول. ويمكن أكسدة البلوتونيوم ثانية بتكرار ذلـــك، وتســـتخدم مراحل متتابعة لتنقية البلوتونيوم إلى الدرجة المطلوبة [5]:

.(Encyclopedia Americana, 1982, vol. 22, p.261)

تأثيره على الإنسان

يعتبر البلوتونيوم سام للغاية ، إذا وصلت كميه ضئيلة (ميكروجـــرام) إلي جروح في الجلد فإنها تسبب السرطان . و يكون أكسيد البلوتونيوم جزيئات صغيرة للغاية تبقى عالقة في الهواء ويحتمل أن تسبب ســـرطان الرئـــة عنـــد استنشاقها أثناء التنفس، فإذا وصلت داخل الجسم فإن البلوتونيوم يمتص بشراهة في العظام ويسبب سرطان العظام.

التأثيرات البيئية

إن الإشعاع الصادر من البلوتونيوم الناتج من وقود المفاعلات النوويـــة المستنفذ يستمر لمئات الآلاف من السنين، وهذا يحتم اتخاذ إجراءات صـــارمة لتخزين هذه النفايات ومنعها من التسرب إلى البيئة. ويجدر القول بـــأن بعـــض التلوث البيئي بالبلوتونيوم قد حدث بالفعل نتيجة تنفيذ برامج الأسلحة الذرية في العديد من الدول.

1-2: العصر النووي

مقدمة

لقد تم إعداد هذا الخط الزمني التاريخي للعصر النـــووي بنـــاءا علـــي المعلومات الموجودة في شبكة المعلومات الدولية [6] واللذين يرســـمان مســـار العصر النووي حتى بداية الألفية الثالثة، متضمنا اكتشاف أشعة إكس والإشعاع حتى انفجار أول قنبلة ذرية، وكذلك الحرب الباردة وما تبع ذلـــك مـــن تفكيـــك لبعض الأسلحة النووية. هذا بالإضافة إلي الاستعانة ببعض البيانات المنشـــورة والمتاحة من مصادر مختلفة والتي سوف يتم إدراجهـــا فـــي قائمـــة المراجـــع والمصادر في نهاية الكتاب.

1-2-1: ما قبل عام 1940

في عام 1789 اكتشف اليورانيوم بواسطة "مارتن كلابـــوث" - وهو كيميائي ألماني - في معدنه المسمي بالبتشبلند.

في عام 1895 اكتشف ولهلم رو نتجن Wilhelm Roentgen أشعة إكس والتي يعترف العالم أجمع بفضلها في الأغراض الطبية، وفـــي 1896 اكتشـــف هنري بكر يل انبعاث أشعة من اليورانيوم. وفي 1897 اكتشـــف جـــي.جـــي. تومسون الإلكترون، واكتشفت (ماري كوري Marie Curie) عنصرين مشـــعين وهما (الراديوم والبولونيوم Radium and Polonium) في عام 1898.

وفي 1901 أضاف هنري ألكسندر دان لوس وأوجين بلوش الراديـــوم مع الدهانات الجلدية الخاصة بعلاج الدرن. وأسس رازرفورد وسودني نظرية التفاعل النووي في 1903، واقترح اليكسندر جرا هام بل في نفس العام وضـــع مصدر يحتوي علي راديوم لتحسين نغمة الصوت. وقام (ألبـــرت أيـــن شـــتين

Albert Einstein) بتطوير نظريته حول العلاقة بين الكتلة والطاقة في عام 1905.

وفي عام 1911 ابتكر (جورج فون هيفسي Georg Von Hevesy) فكرة التتبع الإشعاعي ، وقد استخدمت هذه الفكرة بعد ذلك مع أشياء أخرى في الطب الإشعاعي، وقد حصل هذا العالم على جائزة نوبل في عام 1943. وفي 1913 قام نيلس بوهر بإدخال نموذج الذرة لأول مرة في النظام الشمسي. وقام فريدريك بر وسيشير بنشر أول دراسة لمفعول الراديوم كعلاج لأمراض مختلفة في 1913 أيضا. وفي عام 1924 استخدم جورج فون هيفسي وجي.أ. كريستيانسن وسفين لومهولت دراسات استخدام الرصاص-210 والبيزموث - 210 في التتبع الإشعاعي في الحيوانات. وقد طبق العالم الطبيعي ببوسطن (هيرمان بلوم جارت Herman Blumgart) أول استخدام للتتبع الإشعاعي لتشخيص أمراض القلب في عام 1927. وفي الفترة من 1930-1932 قام كل من والثربوثي وهيربرت بيكر في ألمانيا ، وإيرين وفردريك بفرنسا وجامز شادويسكي في المملكة المتحدة بإجراء سلسلة من التجارب التي كللت باكتشاف شاد ويسكي للنيوترون. وفي عام 1932 نشر أر نست أو. لورانس وإم. ستا نلي ليفنجستون أول مقالة عن إنتاج الأيونات الضوئية عالية السرعة بدون استخدام الفولت العالي واستغل ذلك في إنتاج كميات يمكن استخدامها من الـ Radionuclides .

وفي عام 1934 اكتشف إيرين وفردريك جوليه-كوري الأشعة الصناعية. وفي عام 1937 اكتشف جون ليفنجود وفريد فيربرزر وجلين سيبورج الحديد. وفي نفس العام اكتشف جون ليفنجود وجلين سيبورج النظيرين المشعين: الأيودين-131 والكوبلت اللذين يستخدما في الطب النووي.

وفي ديسمبر عام 1938 قام العالمان الألمانيان (أوتو هاهن وفرتز استراسمان (Otto Hehn and Fritz Strassman) بالوصول إلى عملية الانشطار النووي.

وفي عام 1939توصل هالبان، فردريك حوليه وكووارسكي إلي أن الانشطار النووي يؤدي إلي التفاعل المتسلسل. وتم حصولهم علي أول براءة اختراع لإنتاج الطاقة المرتبطة بهذا التفاعل. وفي نفس العام اكتشف إميليوسيجر ووجلين سيبورج النظير المشع Technetium-99m والذي يستخدم في الطب النووي.

وفي أغسطس عام 1939 أرسل ألبرت أينشتين خطاب إلى الرئيس الأمريكي روزفلت يخبره فيها بتطور البحوث الذرية الألمانية واحتمالاتها لعمل قنبلة ذرية. وقد أوحي ذلك الخطاب إلى روزفلت بتكوين لجنة خاصة لتبحث التطبيقات العسكرية للبحوث الذرية.

1-2-2: فترة الأربعينيات

ظهر خلال الثلاثينات ثلاثة تكتلات للقوى العسكرية في العالم وهي ألمانيا وإيطاليا واليابان. وقد قامت ألمانيا بقيادة (أدولف هتلر Adolph Hitler) والحزب النازي بغزو بولندا في سبتمبر 1939 ، وبريطانيا وفرنسا قامت بإعلان الحرب على ألمانيا وعلى حلفائها بعد يومين. وبحلول صيف 1940 قام النازي باجتياح الدانمارك والنرويج ونيوزيلانده وبلجيكا وفرنسا والذي أتاح لألمانيا سيطرتها على معظم غرب أوروبا. وقامت إيطاليا بإعلان الحرب في يونيو 1940، وقامت بغزو بريطانيا والصومال الفرنسي ومصر واليونان في أواخر فصل هذا الصيف.

وقد وقعت ألمانيا وإيطاليا واليابان اتفاقية تحالف ثلاثي في سبتمبر 1940. أما في الشرق الأقصى فقد زحفت اليابان على الصين حيث وصلت إلي الجزء الفرنسي الصيني والتي تسمي حاليا بفيتنام في يوليو 1941.

ومع ذلك ظلت الولايات المتحدة على الحياد حتى ديسمبر 1941. ومنذ نهاية الحرب العالمية الأولى عملت الولايات المتحدة على بقائها منعزلة سياسيا عن ما تعتبره مشاكل أوروبية داخلية . وقد أعلن الرئيس الأمريكي روزفلت آنذاك أن هذه الأمة سوف تبقي أمة محايدة ، ولكنني لا يمكن أن أطلب من كل أمريكي أن يبقي محايداً في تفكيره أيضا. ومع ذلك لم تظل الولايات المتحدة على الحياد لا في تفكيرها ولا في أفعالها ، فقد قامت ببيع أسلحة مدمرة إلى بريطانيا ضمن اتفاقية للتعاون العسكري. وفيما يلي نلخص أحداث العصر النووي خلال الأربعينيات كما يلي :

في عام 1940 تم اعتماد تمويل إقامة أول سيكلوترون لإنتاج النظائر المشعة بجامعة واشنطن في سان لويس بالولايات المتحدة الأمريكية.

وفي ديسمبر 1941 قامت اليابان بضرب (بيرل هاربر Pearl Harbor) بالقنابل. وفي سبتمبر 1942 بدأ مشروع منها تن السري لعمل القنبلة الذرية قبل الألمان ، وتم اختيار (لوس ألامس Los Alamos) كموقع لمعمل صنع القنبلة الذرية، وتم تعيين (روبرت أوبنهيمر Robert Oppenheimer) مديرا لهذا المعمل. وفي ديسمبر 1942 تمكن فيرمي من تحقيق أول تفاعل نووي متسلسل ذاتي مستدام في معمل بجامعة شيكاغو ، وفور ذلك تم بناء منشئات سرية للغاية بغرض الإنتاج والبحوث النووية تحت مظلة مشروع منها تن في أمريكا .

وخلال الفترة من 1942 إلى 1945 تم بناء مؤسسة كلينتون للأعمال الهندسية في (أوك ردج Oak Ridge) بولاية تنيس والتي سميت بمعمل أوك ردج القومي بعد الحرب العالمية الثانية. ويعتبر مفاعل (كلينتون بيل Clinton

Pile) أول مفاعل حقيقي لإنتاج البلوتونيوم، حيث بدأ في العمل خلال نــوفمبر 1943. وبحلول مارس 1945 بدأ تشغيل محطة K-25 ومحطات أخرى غازية تعمل بالطرد المركزي لإثراء اليورانيوم.

وخلال الفترة 1943 – 1945 تم بناء موقع (هانفورد Hanford) فــي ريتشارد بواشنطن بواسطة مشروع مانهاتن لإنتاج البلوتونيوم، وبدأ أول مفاعل في العمل في سبتمبر 1944 .

وفي يوليو 1945 فجرت الولايات المتحدة الأمريكية أول تجربة ذريــة بالقرب من (ألامو جوردو Alamogordo) في نيوميكسيكو.

وفي أغسطس 1945 قــذفت الولايــات المتحــدة مدينـــة هيروشـــيما وناجازاكي باليابان بالقنابل الذرية[7]. وحيث أن هذه العملية المروعة قد أخــذت اهتماما بالغا من غالبية الشعوب فإنه وجب سردها بشيء من التفصــيل حتــى تكون درسا يستفاد به علي مر العصور كما يلي:

في 6 و9 أغسطس تم تدمير مدينتي هيروشيما ونجــازاكى اليابـــانيتين بأول قنابل ذرية استخدمت في المجال الحربـــي بواســطة الولايـــات المتحــدة الأمريكية. وقد أطلق على القنبلة الذرية التي ألقيت على مدينة هيروشيما في 6 أغسطس 1945 " الولد الصغير Little Boy " والتي تبلغ قوتها التدميريـــة مـــا يوازي 15000طن TNT وقد أسقطت هذه القنبلة من قاذفة أمريكية طــراز B-29 التي كانت تطير على هيروشيما في ذلك اليوم، وقد استغرقت تلك القنبلة دقيقة واحدة بعد إسقاطها من القاذفة لتصل إلى موقع الانفجار (أشكال 1-9و1-10).

وقد انفجرت القنبلة المشئومة في الساعة الثامنة والربع صباحا (حسب التوقيت المحلى لليابان) عندما وصلت إلى ارتفاع 2000 قــدم فــوق المبنـــى

المسمى في هذه الأيام بـــقبـــو القنبلة A- Bomb Dome (شـــكل: 1-11) بمدينة هيروشيما.

ويجدر الإشارة إلى ما ورد في جريدة نيوزويــك بتــاريخ 24 يوليــو 1995 علي لسان قائد الطائرة ومساعده اللذين نفذا هذه الجريمة، كمــا يلــي: "لقد غطى الأفق ضوء وهاج "هذا ما كتبه كابتن طــائرة إنــولا جــاى ENOLA GAY طراز B-29 التي أسقطت اول قنبلة ذرية، "التفتنا إلى الــوراء لنرى ما حدث في هيروشيما، كانت المدينة مغطاة بسحابة تغلى رهيبة المنظر، على شكل عيش الغراب (شكل: 1-12) وللحظة ، ساد الصمت ، وبعدها بــدأ الجميع في الكلام : بص هناك : بص شوف ، بص هناك - أضــاف مســاعد الطيار رو برت لويس Robert Lewis الذي كان مسنودا على كتف الطيار: إنني كدت أتذوق رائحة الانشطار النووي ، مثل مذاق الرصاص ، بعد ذلك اســتدار مبتعدا ليكتب في صحيفته: " يا إلهي " سائلا نفسه ، ما هذا الذي فعلناه ؟

وقد نتج عن قنبلة هيروشيما كميه هائلة من الطاقـــة (شـــكل: 1-13) ممثلة في ضغط جوى كبير وحرارة مهولة، بالإضافة إلى ذلك فقد نـــتج عنهـــا كميه مروعة من الإشعـــاعات (أشعة جاما ونتيترونات) والتي ســـببت تباعـــا إصابات بشرية واسعة النطاق، ويقول الناس الذي شاهدا واقعة قنبلة هيوشيما " لقد شاهدنا شمسا أخري في السماء عندما انفجرت " لقد كانت الحرارة والضوء الناتجين من هذه القنبلة غاية في القوة مقارنة بما شاهدوه من قنابل أخري أثناء انفجارها . وعندما وصلت الموجات الحرارية إلي مستوي الإرض أحرقت كل شيء قبل أن تصل إلي الإنسان أثناء انفجارها . وعنـــدما وصـــلت الموجـــات الحرارية إلى مستوى الأرض أحرقت كل شي قبل أن تصل إلى الإنسان. هـــذا وقد دمرت الرياح الناتجة عن انفجار هذه القنبلة معظم المنازل والمباني الواقعة في دائرة نصف قطرها 5، 1 ميل وعندما وصلت هذه الريـــاح إلـــى الجبـــال المحيطة ، انعكست وضربت مرة أخرى الناس في وســـط مدينـــة هيروشـــيما

(شكل: 1-14) . وتجدر الإشارة إلى أن الريح التي نتجت من تفجير هذه القنبلة قد تسببت في معظم التدمير الواضح سواء في المدينة أو الناس.

أما عن الأشعة الناتجة من القنبلة فقد سببت مشاكل طويلة المدى لكـل من تعرض لها، فلقد مات الكثير من الناس خلال الأشهر القليلة الأولى ، ومات أكثر بكثير من ذلك في السنوات اللاحقة بسبب مضاعفات التعرض للإشـعاع، وقد ظهر على بعض الناس مشاكل جينية والتي سـببت عـدم قـدرتهم علـى الإنجاب.

ويعتقد أن عدد الوفيات قد بلغ 140000 في نهاية العام، وكان هـؤلاء الوفيات من جميع فئات السكان حيث شملت طلبة ،وعسكريين وعمال كوريين الذي كانوا يعلمون في المصانع بمدينة هيروشيما، وقدر العدد الإجمالي للقتلى نتيجة هذه القنبلة بحوالي 200000 نسمة .

وبعد ثلاثة أيام فقط من إلقاء قنبلة هيروشيما ، فقـد ألقيـت القاذفـات الأمريكية القنبلة الثانية والتي خصص لها الاسم الحركي : الرجل السـمين Fat Man على ناجازاكى، وبالرغم من أن كمية الطاقة الناتجة مـن القنبلـة التـي سقطت على ناجازاكى أكبر إذا ما قورنت بتلك التي أسقطت على هيروشيما، إلا أن التدمير الـذي حـدث بمدينـة ناجـازاكى كـان أقـل ممـا حـدث فـي هيروشيما،ويرجـــع

ذلك إلى التركيب الجغرافي للمدينة. وقد قدر عدد القتلى في نهاية العام بحوالي 70000 نتيجة تفجير القنبلة على مدينة ناجازاكى.

ومن الأهمية بمكان أنه لابد أن يعرف الناس في كـل الـدنيا خطـورة أسلحة الدمار الشامل، ونأمل أن المعلومات والبيانات التي وردت هنـا سـوف تساعد على الفهم والإحساس بالألم والخراب الذي يمكـن أن تسـببه الأسـلحة النووية. وتجدر الإشارة إلى أن الآلام والمعاناة لم تقتصر على سكان هيروشيما

وناجازاكى فحسب، بل أثرت في العديد من الناس في آسيا ومنطقة المحيط الهادي، ولهذا فإنه يجب أن يعمل الجميع متعاونين معا لكي تعيش البشرية حياة آمنة. المصدر :شبكة المعلومات الدولية[7].

وفي عام 1946 قام صامويل إم. سيدلين، ليو دي. مارينيللي وإليانور أوشري بعلاج مريض بالسرطان بنظير الأيودين-131 وأطلق عليه " كوكتيل ذري".

وفي مارس 1946 أعلن وينستون تشر شل عن سقوط الستار الحديدي عن أوروبا. وفي يوليو 1946 أسست الوكالة الدولية للطاقة الذرية (AEA) لجنة الطاقة الذرية (AEC) التي أحلت محل مشروع منها تن في 31 ديسمبر 1946.

وقد وضعت الوكالة الدولية للطاقة الذرية (AEA) تطويرا للتقانات النووية لخدمة الأغراض المدنية في يوليو 1946. وفي نفس الشهر قامت الولايات المتحدة بتجربة قنبلة في جزيرة بكيني بالمحيط الهادي. وبعد ذلك بأربعة أيام ظهرت موضة المايوه البكيني في عرض أزياء بباريس في فرنسا.

في أغسطس 1946 قامت مؤسسة أوك ريدج Oak Ridge الأمريكية بشحن أول مفاعل نووي لإنتاج النظائر المشعة لاستخدامه في الأغراض المدنية بمستشفي بارنرد للسرطان في سان لويس . بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية قامت مؤسسة أوك ريدج بتصنيع العديد من المركبات المشعة لأغراض الطب والعلاج الإشعاعي وكذلك للأغراض البحثية والتطبيقات الصناعية. وقد قام بندكت كاسين بإجراء بعض التجارب الخاصة باستخدام الأيودين المشع وتأثيراته في عام 1947.

وفي عام 1948 حققت فرنسا التفاعل النووي المتسلسل لأول مرة. وفي نفس العام بدأ معمل أبوت توزيع النظائر المشعة للاستعمالات المختلفة. وخلال

الفترة إبريل – مايو 1948 مهدت التجارب النووية في جنوب الباسيفيك (Operation Sandstone) الطريق لإنتاج كميات من الأسلحة النووية والتي كانت تعد على أصابع اليد. ومن الجدير بالذكر أنه في أواخر عام 1948 أصبح لدى الولايات المتحد الأمريكية خمسين قنبلة نووية0 وفي يونيو 1948 بدأ الاتحاد السوفيتي بمحاصرة برلين وقام باقتطاع الجزء الغربي منها ، وقد بدأت الولايات المتحدة ببناء جسر جوي كي يحافظ على استمرار إمداد برلين بالطعام والوقود. وفي مايو 1949 تراجعت القوات الصينية بقيادة شيا نج كاي شيك Chiang Kai-Shek من معظم الأراضي الصينية إلى فرموزا 0وفي أغسطس 1949 فجر الاتحاد السوفيتي أول تجربة ذرية.

وفي عام 1949 بدأت إسرائيل برنامجها النووي، وذلك بالبحث عن مصادر خامات اليورانيوم في صحراء النقب، حيث تم اكتشاف رواسب للفوسفات بها بعض اليورانيوم الذي يمكن استرجاعه.

1-2-3: فترة الخمسينيات

مقدمة

شهدت هذه الفترة هدوءا على مستوى العالم بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية ، وبدأت الحياة المدنية في الازدهار والاستقرار إلى حد كبير . كذلك تميزت هذه الفترة بتنشيط عملية الاستخدامات السلمية للطاقة النووية ، وإن لم تخلو من إجراء بعض تجارب للقنابل الذرية تحت الأرض بالولايات المتحدة الأمريكية. كذلك قام الاتحاد السوفيتي بتدشين أول غواصة نووية ، كما قام بإطلاق أول سفينة فضاء ولم تخلو تلك الفترة من الحرب الباردة بين الاتحاد السوفيتي وأمريكا والدول الغربية.

في يناير 1950 أصدر الرئيس ترومان أوامره إلى لجنة الطاقة الذرية الأمريكية بتطوير القنبلة الهيدروجينية (H. Bomb). وفي نفس العام استخدم

كي.أر. كر يسبل وجون بي. استوراسلي نظير الأيودين-131 فـــي تصـــوير الأوعية الدموية في القلب.

وفي عام 1951 اعتمدت إدارة الغذاء والأدوية (FDA) استخدام أيوديــد الصوديوم علي شكل جرعات للمرضي. ويمثل ذلـــك أول اعتمـــاد للـــــ FDA للدواء الإشعاعي.

وفي ديسمبر 1951 تم إنتاج الكهرباء من الانشطار النووي في محطـــة المفاعل القومي بأمريكا والذي سمي فيما بعد بمعمل الهندسة القـــومي بإيـــداهو (Idaho). وفي أكتوبر 1952 بدأ تشغيل محطة سافانه ريفـــر Savannah River في أيكن بكارولينا الجنوبية مع بدأ تشغيل محطة إنتاج الماء الثقيل.

في عام 1952 أنشأت لجنة الطاقة الذرية الإســـرائيلية (IAEC) ورأس مجلس إدارتها إرنست دافيد بر جمان (Ernst David Bergmann) والذي كـــان مؤمنا بحتمية إنتاج قنبلة ذرية لضمان أمن إسرائيل.

وفي ديسمبر 1953 أعلن الرئيس الأمريكي إيزنهاور بعرضـــه بقيـــام تعاون دولي مشترك لتطوير التطبيقات السلمية للطاقة النووية. وفي نفس العـــام تمكن جور دون بر ونيل و اتش.اتش. سويت مـــن بنـــاء كاشـــف (Detector) للبوزيترون. وفي يناير 1954 أعلن جون فوستر دالاس أن سياســـة الولايـــات المتحدة سوف تكون الانتقام الشامل كرد على أي عدوان شيوعي عليها. هذا وقد تم تدشين أول غواصة سوفيتية (نوتيلس Nautilus) تعمل بالطاقة النوويـــة فـــي نفس العام . وفي نفس العام أيضا بدأ تشغيل أول محطة نووية للطاقة بقـــدرة 5 ميجاوات في أوبنينسكي للعلوم في روسيا. وفي عام1954 ادخل ديفيد كوهـــل نظام التسجيل التصويري الضوئي بماسح الـــ Radionuclide والـــذي أحـــدث تطورا في التشخيص والطب النووي.

وفي أغسطس 1954 وافقت لجنة الطاقة الذرية (AEA) علـى تنمية وتعزيز الاستخدامات السلمية للطاقة النووية للقطاع الخاص، مـع الأخـذ فـي الاعتبار تطبيق مقترح الرئيس إيزنهاور "الذرة للبرنامج السلمي" وقد اعتبـرت أركو بإداهو أول مدينة أمريكية يتم تزويدها بالطاقة النووية. وفي عـام 1955 تمكن ريكس هوف من قياس أداء القلب في الإنسان باستخدام الأيودين-131.

في 17 فبراير 1955 تم تشكيل لجنة الطاقة الذرية المصرية برئاسـة الصاغ كمال الدين حسين. وفي 19 اكتوبر من نفس العام صدر القـانون رقـم 509 بإنشاء لجنة الطاقة الذرية المصرية. وفي 18 سبتمبر 1956 تم التعاقـد بين مصر والاتحاد السوفيتي بإنشاء أول مفاعل نووي تجريبي روسي قـدرة 2 ميجاوات بمشتملاته[8].

وفي أكتوبر 1956 تم إخماد الثورة البلغارية بواسطة الدبابات الروسية ، وفي نوفمبر 1956 أعلن رئيس الوزراء الروسي نكيتا خر وتشوف للغـرب "أن التاريخ في صالحنا ، وسوف ندفنكم".

وفي عام 1956 بدأ تشغيل أول محطة نووية فرنسـية (G1) لإنتـاج الطاقة في مار كوني وفي يوليو 1957 تم توليد الكهربـاء مـن أول مفاعـل للأغراض المدنية في سان سوزانا بكاليفورنيا بالولايات المتحـدة الأمريكيـة 0 كذلك قامت الولايات المتحدة بإجراء أول تجربة نووية تحت الأرض في نفـق جبلي في صحراء تبعد حوالي 100 ميل عن لاس فيجاس.

في أكتوبر 1957 تسربت الإشعاعات عندما اندلعت النيران في اللـب الجرافيتي بمفاعل وينداس كال (Winscale) في بريطانيا. كذلك أطلق الاتحـاد السوفيتي في هذه الفترة أول سفينة فضاء. وقد قامت الوكالة الدوليـة للطاقـة الذرية (IAEA) بإصدار وثيقة خاصة بالاستخدامات السلمية للطاقة النوويـة ،

كما أنها شكلت فريق عالمي للتحري والبحث والتفتيش للتأكد من أن المواد النووية لم يتم تغيير مسارها من الاستخدامات السلمية إلى النواحي العسكرية.

في عام 1957 صدر القرار الجمهوري رقم 288 لسنة 57 بإنشاء مؤسسة الطاقة الذرية المصرية، وتم انضمام مصر إلي الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

وفي 3 أكتوبر 1957 وقعت فرنسا وإسرائيل اتفاقية تقوم بمقتضاها فرنسا ببناء مفاعل قدرة 24 ميجاوات لإسرائيل (وتجدر الإشارة إلي أنه بالرغم من ذلك فإن نظام التبريد والمنشآت الخاصة بالنفايات في ذلك المفاعل قد صممت علي أساس قدرة توازي ثلاثة أضعاف القدرة المشار إليها في التعاقد، وهذا يوضح تخطيط اسرائيل منذ زمن طويل لانتاج القنابل النووية).

وفي عام 1958 ابتكر هول أنجر الكاميرا الومضية (scintillation camera) والتي تمثل نظاما للتصوير للمساعدة في الدراسات الديناميكية. وفي عام 1958 أيضا اعتمد الاتحاد السوفيتي نظام تشعيع البطاطس والحبوب الغذائية.

وقد بدأ تشغيل أول محطة نووية أمريكية كبيرة في شي بنج بورت Shippingport في ولاية بنسلفانيا. وفي ولاية ألينوى أتمت محطة درسدن-1 أول تفاعل نووي زاتي مستدام ، وهذه أول محطة نووية أمريكية قد تم بنائها بالكامل بدون تمويل حكومي ، أي أنها تتبع القطاع الخاص في عام 1959. وفي نفس العام أيضا تم تشغيل مفاعل نووي من نوع الـ Fast breeder بقدرة 12 ميجاوات في مركز أوبينينسكي العلمي في الاتحاد السوفيتي.

1-2-4: فترة الستينيات

لقد سيطرت على هذه الفترة حركة الحصول على الحقوق المدنية في الولايات المتحدة الأمريكية حيث قويت حركة معارضة التمييز العنصري ، ومن

الجدير بالذكر أن المحكمة العليا كانت قد وضعت قاعدة مفادها " الفصل ولكن مع المساواة " في الإمكانيات للأمريكان السود والبيض، ورغم ذلك فكان كل شي يتم التميز فيه من ناحية الإمكانيات ، وخاصة المدارس والتي ظهر فيها جليا عدم المساواة ، فكانت مدارس البيض عادة جديدة وجيدة الصيانة ، بينما مدارس السود كانت عبارة عن حجرة واحدة .

ولقد بدأت حركة المطالبة بالحقوق المدنية تشتد عندما قبض على" روزا باركس " البالغة من العمر 43 سنه لرفضها أن تعطى مقعدها لشخص من البيض في أتوبيس مونتجمرى بألباما. وقد اختارت مجموعة السود في مونتجمرى راعى الكنيسة "مارتن لوثر كنج " لقيادة الاحتجاج بسبب القبض على " روزا باركس " وقد وضع "كنج" فلسفة عدم العصيان المدني العنيف. ولأكثر من عام لم يتمكن أي من السود ركوب أتوبيس مونتجمرى، وفى نوفمبر عام 1956 أمرت شركة أتوبيس مونتجمرى بإيقاف التمييز العنصري في خطوطها ، وفى خلال العشرة سنوات اللاحقة ، كان الاحتجاج السلمي الخاص بالحقوق المدنية بطيئا حتى وصل إلى مرحلة الغليان في منتصف الستينيات(6).

وفى عام 1963 قاد " كنج " 250000 (مائتين وخمسين آلف) من الأفراد في مظاهرة سلمية في واشنطن. وقد صرح في حديث تليفزيوني " أنى احلم " متحديا بحديثة أمريكا البيضاء بعدالة حركة الحقوق المدنية، وقال إنني أحلم أنه في يوم من الأيام أن هذه الآمة سوف تعلوا وسوف تعيش المعاني الحقيقية لمعتقداتها، ونحن نتمسك بهذه الحقيقة كبرهان تلقائي ، أن الناس قد خلقوا متساوين. وفى يونيو 1964 تم إقرار الحقوق المدنية، وفى أكتوبر من نفس العام فاز كنج بجائزة نوبل للسلام.

وفى عام 1965 مع ذلك تغيرت الحركة، والتي تميزت بدون عنف بدأت في زيادة أعمال العنف والموت وقد قتل الرئيس كنيدى، وميدجارافارس (زعيم الزنوج) وفى أغسطس 1965 قام القطاع الزنجي في لوس انجلوس

بعصيان مدني لمدة ستة أيام، هذا وقد قبض رجل بوليس ابيض علـــى ســـائق موتوسيكل بتهمة القيادة وهو سكران وأدى ذلك إلى الشغب وتحول إلى بركـــان من العنف وكان أسوا عصيان مدني . وهذا ما حدث أيضا في مدينتي نيويورك وديترويت عام 1967. وقد قامت لجان شكلت بواســطة الــرئيس الأمريكـــي بدارسة العصيان المدني والتي رأت أن أسبابه ترجع إلى الأحوال الاقتصادية.

وقد أعلن "مارتن لوثر كنج " في حديثة : أنني عملت لكي يأكل هــولاء الزنوج الهامبرجر ، والآن لابد أن اعمل شيئا لمساعدتهم للحصول على المـــال لشرائها، ومع ذلك فقد قتل في مارس 1968، وقد تسبب ذلك في بـــدأ موجـــة أخرى من العصيان المدني. ذلك من الناحية المدنية، أما عن تطورات العصـــر النووي خلال الستينات فكانت على النحو التالي:

في عام 1960 اعتمدت كندا نظام تشعيع البطاطس. وفي نفـس العـــام أعلنت لجنة الطاقة الذرية (AEC) عن نجاح تطوير مفاعل نووي 220-رطـــل صمم لإنتاج الكهرباء للاستخدام التجاري. في مايو 1960 بدأت المشاكل فـــي الظهور عندما بدأت فرنسا في الضغط علي إسرائيل للإفصاح عـــن المشـــروع الخاص بالمفاعل التي تقيمه لإسرائيل في ديمونة والإذعان للتفتيش الدولي علي المنشآت النووية، ولكن الموضوع تم غلقه بعد الاتصالات السياسية بين الرئيس شارل ديجول وبن جوريون وفي ذلك عبرة !!!!

وفى أبريل 1961 تمكن رائد الفضاء الروسي يورى جاجـــارين مـــن السفر عبر الفضاء في سفينة الفضاء الروسية، وفى نفس الوقت أيـــدت وكالـــة المخابرات المركزية الأمريكية (CIA) غزو كوبا من خليج الخنازير، وخـــلال أغسطس 1961 تم بناء حائط برلين بين غرب وشرق بـــرلين. وفـــى مـــارس 1961 ولحماية الولايات المتحدة الأمريكية من أي هجوم نووي / نصح الرئيس

كنيدى الأمريكيين ببناء نظام دفاع مضاد والذي نشر في جريدة "ليـف " عـدد سبتمبر ، فقد تم استكمال نظام دفاعي لحماية أمريكا في حوالي عام.

وفى أكتوبر 1962 اكتشفت الولايات المتحدة الأمريكية وجود صواريخ في كوبا، وقد حاصرت الولايات المتحدة كوبا لمدة 13 يوم إلى أن وافق الاتحاد السوفيتي علي إزالة تلك الصواريخ، وفي المقابل وافقت الولايات المتحدة علـى إزالة صواريخها من تركيا.

وفى يونيو 1963 قامت الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي بإنشاء خط تليفون ساخن بين البيت الأبيض والكرملين، وفـى أغسـطس 1963 وقعـت الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي على معاهدة تمنع إجراء التجارب النوويـة تحت الماء والجو والفضاء الخارجي وقد صدق على هذه المعاهدة اكثـر مـن 100 دولة منذ عام 1963. وفي عـام 1963 أيضـا اسـتثنت هيئـة (FDA) احتياجات الجرعات الجديدة من الشروط المنظمة للأدويـة الإشـعاعية والتـي وضعتها لجنة الطاقة الذرية. كذلك في نفس العام اعتمـدت الـ FDA نظـام تشعيع لحم الخنزير المملح والقمح ودقيقه. كذلك اعتمد في نفـس العـام نظـام التعبئة للأغذية المشععة. وفي عام 1964 أيضا تم تشغيل فنارة خليج شـيزابيك في Md. والتي تسمي فنارة بلتيمور. وقد استخدم لذلك مولد يعمـل بالنظـائر المشعة قدرته 60 وات، ويمكن أن يولد كهرباء لمدة عشرة أعوام بدون إعـادة تزويده.

وفي عام 1964 انتهي المقاولون الفرنسيون من بناء المفاعل النـووي الإسرائيلي وكذلك محطة المعالجة ، وتم تزويده بالوقود النووي، وبدأ تشـغيل المفاعل ووصل إلى الدرجة الحرجة في نفس العام. وبذلك يكون قد أصبح لدي إسرائيل منظومة متكاملة لإنتاج البلوتونيوم -239 المطلوب لعمـل الأسـلحة النووية.

وخلال الفترة من 1966 حتى 1967 زاد الطلب على مفاعلات القـوى النووية، والذي جعل المفاعلات النووية تحتل مكانا حقيقيا كتجارة في الولايـات المتحدة الأمريكية ،وفى يوليو1968 بدأت الدعوة إلى إبرام معاهدة للحد مـن انتشار الأسلحة النووية حيث وقعت الاتفاقية المعروفة بالـــ (NTP) وبحلـول عام 1970 صدق عليها أكثر من 50 دولة، وبحلول عام 1986 وصـل عـدد الدول التي صدقت عليها اكثر من 130 دولة.

وفى يوليو 1968 كان الأمريكي : نيل ارمسترنج " أول رجـل ينـزل على سطح القمر.

في عام 1968 أصدرت وكالة المخابرات المركزية الأمريكيـة (CIA) تقريرا يخلص إلي أن إسرائيل قد بدأت بنجاح إنتاج الأسلحة النووية. وقدرت ما لدي إسرائيل بحوالي 10-20 سلاح نووي. ومن التقارير الشائعة أن إسـرائيل كان لديها قنبلتين ذريتين في عام 1967، وأثناء حرب الأيـام السـتة (1967) طالب ليفي أشكول رئيس وزراء إسرائيل بتسليح إسرائيل نوويا.

1-2-5: فترة السبعينيات

في 17يونيو1972 تم اعتقال خمسة رجالِ مستخدمون من لجنةِ لتَجديد انتخاب الرئيسِ الأمريكي (والتي عرفت مؤخرا بـــ كريـب CREEP) عنـد اقتحامهم المقرَ الوطني الديموقراطي في فندقِ وترجيت لزراعَة أجهزةِ التصنت في الهواتفِ، ولَسْرقُة وثائقَ إستراتيجيةِ للحملةِ الانتخابية. كذلك اعتقـل أيضـا مُساعدين سابقينِ بالبيت الأبيضِ يَعْملانِ لكريب، جي وهما ج. جور دون ليدي و إي هووارد هونت. وكان ليدي موظفا سابقا بمكتب التحقيقات الفدرالي (إف بي آي)، أما هونت فكان يعمل كأحد مخبري وكالة المخابرات المركزيةَ، وكانوا مسؤولين عن التخطيط لاحتلالِ خليج الخنازيرِ في 1961. وقد اتهم لصـوصُ

وترجيت السبعة في 15سبتمبر 1972. وفي نوفمبر 1972، هَزمَ الرئيسَ ريتشارد نيكسون جورج مكجوفيرن هزيمة ساحقة.

في فبراير 1973، شكل مجلس الشيوخ الأمريكي لجنة مختارةَ لدراسة نشاطاتِ الحملةِ الرئاسيةِ، ولتَحرّي اقتحامِ وترجيت وإشاعات المخالفاتِ الأخرى للحملةِ. وعلى مدى الشهور القليلة التالية، بدأت تتكشف المؤامرة لتَغْطية تدخّلِ البيت الأبيضِ في الاقتحامِ بعد أن استقال المديرُ بالوكالةُ مِنْ مكتب التحقيقات الفدرالي بعد اعترافه أنه قد أتلفَ الدليل بناءً على نصيحة مُساعدون بالبيت الأبيضِ. وقد استقال عدد من كبيري موظفي البيت الأبيضُ إتش. آر . هالدمان، مُساعد شؤون البيت الأبيضِ الداخلية جون إهرليتشمان، ومستشار رئاسي جون دين استقال في 30 أبريل 1973. كذلك أدين هالدمان، إهرليتشمان، وآخران فيما بعد عَرْقَلَة التحقيقِ في عملية الاقتحام. وأثناء خطاب تلفزيوني، أنكرَ الرّئيسَ نيكسون أيّ معرفة عن التغطيةِ. وعلى أية حال، فقد شَهدَ جون دين أمام لجنةِ مجلس الشيوخِ بأن نيكسون قدم "رشوةً" إلى اللصوصِ. كذلك شهد أيضا ألكساندر بوتيرفيلد المُساعدُ بالبيت الأبيضِ بأنّ نيكسون سجّلَ كُلّ محادثة في المكتبِ البيضاوي.

وقد اشتعلت الحربَ بين لجنةِ مجلس الشيوخِ والرئيسِ على موضوع تسليم الأشرطةِ. وفي أكتوبر 1973، أمرَ نيكسون المُدعي العام بطَرْد المدّعي آرتشيبالد كوكس لأنه رَفضَ قُبُول عرضِ نيكسون لإصْدار "خلاصةَ" الأشرطةِ. وقد رَفضا المُدعي العامُ ومُساعدُه طَاعَة الأمرِ واستقالا. وقد بَدأ مجلس النوّابُ اعتبار الرئيسِ متهما في 23أكتوبر. وقد سلّمَ نيكسون الأشرطة، ناقصة شريطين وشريط مفقود منه 5، 18 دقيقةً. وفي يناير1974، رَفضَ نيكسون تسليم أكثر من 500 شريطِ ووثائقِ، وتلقي أمرا بالحضور من قِبل مجلس الشيوخِ. في 24 يوليو،حَكمتْ المحكمة العليا بالإجماع بأنّ نيكسون يَجِبُ أنْ يُسلّمَ الأشرطةَ، بعد مداولات لمدة ثمانية ساعات. وبحلول نهاية يوليو، صدّقتْ

اللجنة القضائيةَ علي أحكام المعاقبةِ ضدَ الرّئيسِ نيكسون، تَتّهمُه بعَرْقَلَة العدالةَ، وانتهاك قَسَمَه مراراً وتكراراً ، وتحديه طلبات إحضاره إلي مجلس الشيوخِ بشكل غير دستوري. وفي 5 أغسطس، كَشفَ نيكسون عن الأسباب الذي دفعته إلى تغطيةِ وترجيت. وقد أصدرَ نص محادثةِ مَع هالديمون، وفيها طلب الرّئيسَ نيكسون من مكتب التحقيقات الفدرالي التَوَقُّف عن تَحرّي الاقتحام بعد ستّة أيام من حَدوثهَ. وقد استقال الرّئيسُ نيكسون في 8 أغسطس 1974. ثم عَفا الرّئيسُ فورد عن نيكسون بَعْدَ شهر.

بالإضافة إلى التدخل وعدم تنفيذ الأوامر القضائية وإعاقةَ العدالة، كَشفَ تحقيقَ اقتحام وترجيت قائمة كبيرة مِنْ المخالفاتِ. ومنها مساهماتُ الحملةِ الغير شرعيةِ في أعمال قذرة لتَكذيب زعماءِ ديمقراطيين رئيسيين. كذلك أظهرت أنَ الرّئيسَ نيكسون قد حصل علي خصومات ضريبةِ غير شرعيةِ تقدر بحوالي 10$ مليون والتي تعتبر من الأموال الحكومية لتَحسين بيوته في فلوريدا وكاليفورنيا. كذلك تكشفت أيضاً خبايا الحربُ السرّيةُ الغير شرعيةً ضدَ كمبوديا.

وفيما يلي التطور الزمني للعصر النووي خلال فترة السبعينات:

وفي عام 1970 اعترفت نقابة الأطباء الأمريكيين رسميا بنظام التخصص في الطب النووي. وفي 1972 تم اختراع الحاسب المحوري topography، والذي يمكنه عمل مسح لجسم الإنسان ودمج العديد من النتائج بما في ذلك الأشعة السينية للحصول علي صورة ثنائية الأبعاد تخدم علم التشريح.

وفي يناير 1973 تم توقيع معاهدةُ السلام التي تَنهي حرب فيتنامَ. وقد انهارتُ جنوب فيتنام في 1975 بعد انسحاب القوات الأمريكية..

وفي عام 1973 بدأت محطة فينكس والتي تمثل أول مفاعل نووي فرنسي من نوع الولود السريع " Fast breeder reactor" في ماركو. وفي نفس العام خلال حرب أكتوبر 1973 ظهرت أزمة طاحنة في الطاقة بسبب الحظر العربي لتصدير البترول.

ومن الجدير بالذكر أن خوف إسرائيل من الهزيمة في حرب يوم الغفران (السبت السادس من أكتوبر 1973) قاد الإسرائيليون إلي تجميع (صناعة) عدد 13 قنبلة ذرية قدرة الواحدة عشرون - كيلو طن (20 ألف طن TNT)...!!!.

وفي مارس 1974 قامت وكالة الطاقة الذرية بوضع برنامج لتصحيح أوضاع المنشآت النووية والتعريف بمشروع منها تن السابق ومواقع الوكالة الدولية التي تمتلكها ولكنها تحتاج إلى تصحيح لأوضاعها، كذلك صدر قانون إعادة هيكلة الطاقة في عام 1974 والذي ألغته وكالة الطاقة الذرية وأنشأت إدارة بحوث الطاقة والتنمية ووكالة نظم الضمانات النووية. وفى أكتوبر 1976 صدر قانون الحفاظ على مصادر الطاقة، وذلك بغرض حماية الإنسان والبيئة من المخاطر المحتملة بسبب النفايات.

في عام 1976 صدر القانون رقم 13 لسنة 1976 في 4 فبراير بشأن إنشاء هيئة المحطات النووية المصرية. وفي عام 1977 صدر القرار الجمهوري رقم 196 لسنة 1977 بإنشاء هيئة المواد النووية المصرية، وكان عمادها قسم الجيولوجيا والخامات النووية بهيئة الطاقة الذرية[8].

وفى أبريل 1977 وافق الرئيس كارتر على مشروع لتدوير ومعالجة الوقود النووي بعد استخدامه فى المحطات النووية التجارية. وفى أغسطس 1977 انطلقت سفينة الفضاء فوياجر Voyager وعليها اسطوانة نحاسية قطرها 12 بوصة مسجلا عليها تهنئة بكل لغات العالم ، وكانت سفينة الفضاء هذه

تستمد طاقتها الكهربائية من تحلل أقراص البلوتونيوم. وفى نفس العـام حلـت وزارة الطاقة بالولايات المتحدة الأمريكية محل إدارة بحوث الطاقـة والتنميـة، وشجعت برامج وأنشطة الطاقة الفيدرالية.

وفى نوفمبر 1978 صدر قانون التحكم فى إشعاعات نفايات مصـانع اليورانيوم وذلك لتثبيت النفايات فى مواقع بعيدة عن الأنشطة الصناعية وبعيـدة عن مناطق العمران . وتم عمل برنامج لمعالجة ومعاملة تلك النفايات. وفي عام 1978 أيضا استخدم دافيد جولنبرج المضادات المشعة لتصوير الأورام في جسم الإنسان.

وفى عام 1979 وقعت حادثة محطة القوى النووية في (ثري ميل أيلا ند) بالقرب من هارس برج في ولاية بنسلفانيا ، وكانت هذه الحادثـة نتيجـة لانصهار جزئي في لب المفاعل حيث تسرب الحد الأدنى من المواد المشعة إلى المنطقة المحيطة.

تدمير صناديق المفاعلين النوويين العراقيين بمرسيليا في 1979:

في مساء يوم الجمعة 4 إبريل 1979 هبط مطار طولون فـي فرنسـا ثلاثة من رجال المخابرات الإسرائيلية يحملون جوازات سفر فرنسية مـزورة.. كانت مهمتهم تدمير المفاعلين العراقيين اللذين اشتراهما صدام حسـين باتفـاق خاص مع الرئيس الفرنسي فاليرى جيسكاردستان.. كـان المفـاعلان يسـميان إيزيس وأوزوريس وكان مقررا شحنهما في ليلة 9 إبريل من ذلك العـام مـن ميناء مرسيليا إلى ميناء البصرة..وفى صباح يوم الأحد 9 إبريل بالتحديد فـي الساعة الثالثة صباحا وضع عملاء الموساد شحنات من المتفجرات في الصناديق التي تحمل المفاعلين، وبعد خمس دقائق دوى الانفجـار ليحتـرق 60% مـن المفاعلين بخسائر تزيد على 13 مليون دولار..لكن الخسارة الأكبر كانت تعطيل البرنامج النووي العراقي. ولم يتوقف الإسرائيليون فقد راحوا يفجرون الشركات

الإيطالية والفرنسية التي تساعد بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في هذا البرنامج، كما أنها لم تتردد في قتل أو محاولة قتل كل شخص ساهم فيه[9].!!!.

وفى يونيو 1979 وقع كل من الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي على معاهدة الحد من الأسلحة الاستراتيجية SALT-II، والتي تلزم كلا من الجانبين بالحد من تطوير وتحديث أسلحة الدمار الشامل. وفى ديسمبر من عام 1979 قام الاتحاد السوفيتي بغزو أفغانستان.

1-2-6: فترة الثمانينيات

بدأ ميخائيل جوربا تشوف رئيس الاتحاد السوفيتي في مارس 1985، تُغييرًا واضحا في خواص القيادة السوفيتيةِ. وقد بَدأ جورباتشيف بتشكيل مجموعةَ جلازنوستِ والتي تعني انفتاح روسيا.كذلك بَدأ بإصْلاح الاقتصاد السوفيتي بتَقديم العناصرِ الازمة لنظامِ السوق الحرّة، مثل المنافسة، لجَعْله أكثرِ كفاءة. كذلك خفف الجلازنوستُ قبضةَ الحكومةِ السوفيتيةِ أيضاً على حياةِ مواطنيها الخاصّةِ والثقافيةِ، وعاد بعض المنشقّون، مثل أندري سانشاروف.

وفي أكتوبر1980 أدي مشروع قانون الوادي الغربي والخاص بتخزين نفايات نوويةِ عالية المستوى بمحطة الوادي الغربي في نيويورك إلي مظاهرة. وتمثل هذه المحطة المصنعُ الوحيد الخاص بإعادة معالجة الوقود النووي التجاري في الولايات المتّحدةِ، وقد قام باسترجاع يورانيوم وبلوتونيومِ مِنْ الوقود النووي المستهلكِ مِنْ 1966-1972. وقد قدرت كمية النفايات النوويةِ العالية المستوى المَخْزُونة في محطة الوادي الغربي بحواليّ 000 ،600 جالون.

وفي نوفمبر 1980 توقفت محطة هان فورد ذات الخلايا الأحادية لتخزين النفايات عن استلام تلك النفايات. وقد أصبح يتم نقل الوقود السائل إلي تنكات ثنائية الجدار والتي صممت حديثا لهذا الغرض.

وفي ديسمبر 1980 تم تمرير قانون سياسة النفايات، والـــذي أعطـــي للولايات مسئوليتها عن التخلص من النفايات منخفضة المستوي، مثـــل نفايـــات المستشفيات والصناعة. كذلك تم إقرار القانون الخاص بحمايـــة البيئـــة، بعـــد اكتشاف عدد كبير من النفايات المدفونة ومخاطر التسرب منها.وتحت اعتمادات مالية ضخمة قام جهاز شئون البيئة بتحديد هـــذه المواقـــع الخطيـــرة وقـــام بالإجراءات المناسبة لتحميل الجهة المسئولة عن هذه المواقع تكاليف تنظيفها.

وفي عام 1980 أيضا، اعتمدت لجنة الخبراء الخاصة بتشعيع الغـــذاء JEFCI جميع الأغذية المشععة بجرعة متوسط قيمتها 10 kGY.

اغتيال الدكتور يحيى المشد في يونيو 1980

بين الساعة السادسة والنصف والساعة السابعة والربع من مســـاء يـــوم الخميس 13 يونيو 1980 قتل عالم الذرة المصري الدكتور يحيى المشد على يد عملاء الموساد في غرفته رقم 9041 بفندق ميريديان (بولي فار) باريس، بعـــد أن تعاقد على شراء صفقة من اليورانيوم المثري الذي كان سيستخدم لتشـــغيل المفاعل النووي العراقي[9]. وكان قتل الدكتور المشد إحدي خطـــوات اســـرائيل لتدمير البرنامج النووي العراقي الذي انتهى بتدمير المفاعل.....!!!.

ضرب المفاعل النووي العراقي في يونيو 1981

في صباح الأحد 7 يونيو 1981 استدعى مناحم بيجن – رئيس وزراء إسرائيل – وزراء حكومته في بيته الساعة الخامسة بعد الظهر..وبعد وصـــولهم بربع ساعة قال لهم: أيها السادة إن ستا من طائراتنا الحربية في طريقهـــا الآن إلى هدفها في العراق..سنضرب المفاعل النووي الذي أقامته فرنسا علـــى بعـــد عشرة أميال ونصف جنوب شرق بغداد. اشتركت فـــي العمليـــة 8 طائـــــرات (فالكون–إف 16) مقاتلة وقاذفة (في بطن كل منها 900كجـــم) ثقيلـــة موجهـــة بأشعة الليزر.. تغطيها 8 طائرات أخرى (إيجل–إف 15) مـــزودة بصـــواريخ

جو – جو طراز سبارو واسبيدر وبها خزانات وقود إضافية وأجهزة تشويش إليكترونية. وبعد 1200 ميل قطعتها الطائرات بسرعة 600 عقدة وصلت إلى هدفها في الساعة السادسة و 25 دقيقة بالتوقيت المحلى..الخامسة و 39 دقيقة بتوقيت إسرائيل..في ذلك الوقت قصفت هذه الطائرات المفاعل النووي العراقي الذي يقع في ضاحية النوثية القريبة من بغداد. واستمرت العملية ثلاث دقائق انسحبتب بعدها الطائرات بعد تصوير الموقع بعد القذف. وقد كان الهجوم يوم أجازه الخبراء الأجانب وعددهم 100 خبير(9).

وفي عام 1982 استخدم استيف لارسون وجيف كارسكويللو الأيودين– 131 في علاج مريض بالسرطان. وفي سنة 1982 أيضا، تم توقف مفاعل القوي النووي شيبنج بورت عن العمل (أحيل إلي التقاعد)، وكان هذا المفاعل قد بني في عام 1957. وقد اتخذ الكونجرس هذا القرار لإزالة التلوث بإيقاف هذه المحطة النووية التجارية عن العمل بسبب قدمها. ويعتبر هذا أول قرار من هذا النوع في الولايات المتحدة الأمريكية. وقد تم نقل لب المفاعل إلي موقع تخزين النفايات الإشعاعية منخفضة المستوي في هان فورد بواشنطن. كذلك تم تنظيف موقع هذه المحطة تماما وطرحه للاستعمال الغير مشروط في نوفمبر 1989.

في يناير 1983 تم توقيع قانون 1982 الخاص بسياسة النفايات النووية، والذي يخول تطوير مستودعا للنفايات النووية عالية المستوي. وفي مارس 1983 أطلق الرئيس ريجان مسمي "إمبراطورية الشر" علي الاتحاد السوفيتي، وأعلن عن إقامة نظام دفاعي استراتيجي مسميا إياه (حرب النجوم)، والذي يمثل نظام دفاعي بالأقمار الصناعية يعمل علي تحطيم الصواريخ والرؤوس الحربية في الفضاء. وفي نوفمبر 1983 بدأ DOE في عمل منشأة للتعامل مع النفايات الحربية في منطقة نهر السافانا في كارولينا الجنوبية. وتتلخص هذه العملية في تحويل النفايات النووية عالية المستوي إلي مادة شبيهة بالزجاج، وبعد ذلك يتم شحنها لكي تدفن في أعماق سحيقة في باطن الأرض.

في أبريل 1984 حصلت مؤسسة قانونية بيئية علي حكم قضائي ضد "هودل" بتطبيق قانون الحفاظ وتحسين مصادر الطاقة علي المحطة النووية "واي 12 Y-12" في تنيسي.

وفي عام 1985 اعتمدت هيئة الأغذية الأمريكية (FDA) تشعيع لحم الخنزير للتحكم في مدي مدة صلاحيته للاستخدام. وفي أغسطس من عام 1985 أيضا، أعلن الاتحاد السوفيتي عن تأجيله لأحد التجارب النووية.

وفي يناير عام 1986 دعا الرئيس السوفيتي جوربا تشوف إلي نزع السلاح بالعالم. وفي أبريل 1986 حدث انهيار وحريق في مفاعل تشيرنوبيل النووي في الاتحاد السوفيتي، حيث تسربت كميات هائلة من المواد المشعة. وفي عام 1986 أيضا، اعتمدت هيئة الأغذية الأمريكية تشعيع الفواكه والخضراوات وبعض الأغذية الأخري بجرعة إشعاعية متوسط قيمتها 1 kGY.

وفي عام 1986 نشرت صحيفة صنداي تيمز اللندنية وصفا وصورا عن الرؤوس النووية الإسرائيلية. وكان مصدر تلك المعلومات هو مردخاي فانونو، الفني الإسرائيلي الذي هرب، وكان يعمل في مفاعل ديمونه النووي الإسرائيلي. وبناءا علي تلك المعلومات التي نشرت علي لسان مردخاي فانونو قدر المحللون مخزون إسرائيل ما بين 100 إلي 200 رأس نووي. ومن الجدير بالذكر أن مفاعل ديمونه الإسرائيلي يمثل النوع الذي تحتاجه إسرائيل لتنفيذ مشروعاتها من ناحية التسليح النووي. وتفيد البيانات الواردة عام 1986 عن لسان فانونو أن هذا المفاعل ينتج 40 كيلوجرام من البلوتونيوم الصالح لإنتاج الأسلحة النووية. وإذا صح هذا التقدير فإن قدرة مفاعل ديمونه الحقيقية هي 150 ميجاوات، وهذا يمثل ضعف القدرة التي بدأ بها عام 1970...!!!.

وفي مارس 1987 اقترح الرّئيسُ السوفيتي جورباتشيف إزالةَ الصواريخِ القصيرةِ والمتوسّطة المدى الأوروبيةِ. وفيما بعد، دَعمَت منظمة

حلف شمال الأطلسي وألمانيا الغربية اقتراح جورباتشيف، بعد إضافة بَعْض التغييرات.

وفي ديسمبر 1987 وقّعُ الرّئيسُ السوفيتي جورباتشوف والرّئيسُ الأمريكي ريجان معاهدة (إن آي إف NIF)، وهي تمثل أول معاهدة للأسلحة وقعت بين القوتين العظمتين في العالم والتي اتفق فيها علي إزالةِ صنفِ كاملِ مِنْ الأسلحةِ وهي الصواريخ المتوسّطة المدى. كذلك قام الجهاز الخاص بالنفايات النووية بالولايات المتحدة الأمريكية باختيار جبل يوكا بنيفادا كموقع لإجراء الدراسات العلمية عليه كمستودع الأمة الأول الجيولوجي لدفن النفايات النووية عالية المستوي والوقود النووي المستنفذ.

وفي عام 1988 ارتفع الطلب علي الكهرباء في الولايات المتحدة الأمريكية بحوالي 50% عن احتياجاتها في عام 1973.

وفي عام 1989 بلغ عدد محطات القوي النووية 109 تنتج 19% من مجمل الكهرباء المطلوبة للولايات المتحدة الأمريكية، وقد دخلت تلك المحطات الخدمة في خلال فترة الثمانينات. كذلك في عام 1989 أيضا، بدأت رحلة جاليليو للفضاء الخارجي علي السفينة أتلنتس.

وفي نوفمبر 1989 قامت هيئة الـ DOE بتغيير تركيزها من إنتاج الموادِ النووية إلى الاهتمام بالتنظيفِ البيئي حيث قامت بتشكيل مكتبِ الحفاظ علي البيئيةِ وإدارةِ النفايات. وفي نفس العام تم إزالة حائط برلينَ ،كما حدث انهيار للعديد مِنْ الحكوماتِ الشيوعيةِ في أوربا الشرقية.

وفي عام 1989 اتجهت وسائلُ إنتاجِ الأسلحةِ النوويةِ بمحطة فلاتس روكي في كولورادو ومركز فرنالد للمواد الغذائية قي أوهايو إلي تغيير مهماتَهم بوقف الإنتاج والبدأ في تَطهير مصانعهم.

1-2-7: فترة التسعينيات

في 1990 واصلتْ الشيوعيةُ الانهيار، وبشكل خاص في الاتحاد السوفيتي، وظهر ذلك بوضوح في أغسطس 1991، عندما نظّمَ المتشدّدين الشيوعيينَ انقلابا. وَأوشَكَ الزعماءُ السوفيتُ عَلى أنْ يُوقّعوا معاهدةَ اتحادِ جديدةِ كي يعطوا قوّةَ أكثرِ للجمهورياتِ السوفيتيةِ. وقد قاد المتشدّدون القوّاتَ في موسكو والجمهوريات البلطيقية ووضعت الرّئيسَ السوفيتي جوربا تشوف سجينًا في مقر عطلتِه في كريميا. وقام بوريس يلتسين، الرئيس المُنتخب ديموقراطياً للجمهوريةِ الروسيةِ بقيادَة المقاومةَ ضد الانقلابِ وخلال ثلاثة أيام انهار الانقلاب.

عجّلَ انقلاب المتشدّدين العمليةَ التي كَانوا يُحاولونَ إيقافها. وخلال أيام، أعلنَت عشْرة جمهورياتَ سوفيتيةَ استقلالهم عن الاتحاد السوفيتي. واستقال الرّئيسُ السوفيتي جوربا تشوف في 24 أغسطس ، والذي أنهي 74 سنةَ مِنْ الحكمِ الشيوعي. وفي 29 أغسطس، علّقَ البرلمانَ السوفيتي الحزب الشيوعي. وظَهرَ الرّئيسُ الروسي بوريس يلتسين كزعيم للاتحاد السوفيتي السابقِ.

وصل عدد المحطات النووية في عام 1990 في الولايات المتحدة الأمريكية إلي 110 محطة، وقد زادت كمية الطاقة المتولدة من هذا العدد من المحطات علي ما أنتجته جميع مصادر الطاقة المتاحة مجتمعة في عام 1956. وفي نفس العام انطلق مكوك الفضاء دسكفري. كذلك في عام 1990 اعتمدت هيئة الأغذية الأمريكية نظام تشعيع الغذاء المعبأ الطازج أو المجمد الغير مطهي، وذلك لأهمية هذا التشعيع في التحكم في نشاط الميكروبات المسئولة عن بعض الأمراض من تناول تلك الأغذية مثل السلمونيللا وغيرها.

وفي أكتوبر 1990 ، تم إعادة ألمانيا كبلاد موحدة للمرة الأولى منذ نهايةِ الحرب العالمية الثانيةِ. وفي نوفمبر 1990 أنهي مؤتمرُ الأمنِ والتعاونِ

في أوروبا الحرب الباردةَ رسمياً وتم تخفيض القوى التقليديةَ لحلـف وارسـو ومنظمة حلف شمال الأطلسي. (الناتو).

وفي 29 مايو 1991 دعا جورج بوش – رئـيس الولايـات المتحـدة الأمريكية – دول الشرق الأوسط الي التخلي عن تصنيع واستيراد المواد التـي يمكن استخدامها في تصنيع الأسلحـة النووية، وطالب الرئيس الدول الخمـس دائمة العضوية في مجلس الأمن بفرض القيود علي صـادرات الأسـلحة مـن الدبابات والطائرات والصواريخ والأسلحة التقليدية الأخري، مع تجميـد إنتـاج واختبار وحظر الحصول علي الصواريخ أرض /أرض من جانب دول المنطقة، وحظر تصدير التكنولوجيا الخاصة بأسلحة الدمار الشامل، وتتابع الدبلوماسـية الأمريكية الضغط علي دول الشرق الأوسط – عدا اسرائيل – للإلتزام بحظـر إنتاج وحيازة المواد المستخدمة في تصنيع الأسلحة النووية وبخاصة اليورانيوم – 235 والبلوتونيوم – 239 [10].

وفي يوليو 1991 وُقّعُت الولايات المتّحدةُ والاتحاد السوفيتي الاتفاقيـة التاريخية لتَخفيض الأسلحةِ النوويةِ البعيدة المدى بأكثر منْ 30 % على مـدى السَنوات السبع التالية. وفي نفس العام وصل عدد المحطات النووية في الولايات المتّحدةُ 111 محطة بلغ ما تنتجه 22% من إجمالي الكهرباء المنتجـة تجاريـا بالولايات المتّحدةُ الأمريكية.

وقد اعتمدت هيئة FDA الأمريكية التصوير بالكاميرات أحادية العدسـة باستخدام المواد المشعة الآمنة في عام 1992. وفي نفس العام أيضا وقعت هيئة الـ DOE الأمريكية اتفاقية تعاون قطاع الصناعات النووية لتطوير تصـميمات متقدمة لمفاعلات الماء الخفيف. وفي نفس العام تحول المنشور الخـاص بعـام 1992 إلي قانون، وقد أدي ذلك إلي تغيرات هامة في إجراءات منح الـرخص الخاصة بإقامة المحطات النووية.

وفي عام 1992 أيضا غيّرْ موقعُ هان فورد نشاطه منْ إنتاج المـــواد النووية إلى تنظيف محتوياته. وفي أكتوبر 1992 قام مصنع فصــــل النفايـــات التجريبي (دبليو أي بي بي) بَسْــحبُ بعـــض الأراضـــي العامّـــةَ لصــــالحه، لاستخدامها كمستودعٍ لاختبارِ دفن النفايات النووية (Transuranic) في رواســـب ملحية عميقة تحت الصحراء.

وفي ديسمبر عام 1992 قام مكتبُ المحافظـــة علـــي البيئيـــةِ وإدارةِ النفايات (EM) ووكالاته بتطهّرَ وفكّكَ أكثر من 90 منشأة ملوثة في كافة أنحاء البلاد. وقام مكتب الـــ (EM) بتطهّيرَ 11 منْ 43 موقعا تحت مظلة البرنـــامجِ الخاص بتطهير مواقعِها المُسْتَعْملةِ سابقاً. وتحت مظلة تطهير نفايـــات مصـــانع اليورانيومِ تم تطهّيرَ 15 منْ 24 موقعا بالإضافة إلي 4200 منْ 5000 موقـــع ملكيةِ خاصة مجاورة.

وفي سبتمبر 1993 قام وزير الطاقة أوليري ومحافظ واشنطن لـــوري باستضافة مؤتمر قمّة لمدة يومين لجَعْل هان فورد كنموذجٍ للتطهيـــر وتحســـين مواقعِ النفايات المرتبطة بأعمال الإنتاج الحربي المشابهةِ في كافة أنحاء البلاد.

وفي عام 1993 أيضا واصلُ جهاز شئون البيئـــة الأمريكـــي(DOE) تَطهير التلوّثِ في المواقع النووية خلال السَـــنَوات الـــــ50 الأخيـــرة للعُصـــرِ النووي. ويمثّل هذا التلوّثِ الثمن الذيْ تدْفعُه الولايات المتحدة اليوم للحفاظ علي نظام دفاعَي وطني قوي. ويعمل جهاز شئون البيئة مـــع الوكـــالاتِ التنظيميـــةِ والجمهورِ لتَطوير التقنيةِ اللازمة المرتبطة بهذا المشروعِ التطهيري الوطني.

في 27 نوفمبر 1997 تم تشغيل المفاعل النووي البحثي الثاني (قـــدرة 22 ميجاوات) بهيئة الطاقة الذرية المصرية.

وتجدر الإشارة إلي أنه في أواخر التسعينات قـــدر جهـــاز المخـــابرات المركزية الأمريكية (CIA) مخزون إسرائيل من السلاح النووي ما بين 75 إلي

130 رأس نووية، وقد بني هذا التقدير علي حسابات إنتاج البلوتونيوم الصالح للتصنيع النووي الحربي. ويشتمل هذا المخزون غالبا علي رءوس نووية للصواريخ المتحركة "جر يكو-1 و جر يكو-2) 2 (Jericho 1 and 2) ، بالإضافة إلي قنابل ذرية لتسليح الطائرات الإسرائيلية، وربما يحتوي المخزون النووي الإسرائيلي أيضا علي أسلحة نووية تكتيكية من أنواع مختلفة. ومن الجدير بالذكر أن هناك بعض البيانات المنشورة التي تفيد أن مخزون إسرائيل من الأسلحة النووية وصل إلي 400 "أربعمائة" رئس نووي في أواخر التسعينات، ولكنه من المعتقد أن هذا التقدير مبالغ فيه...!!! (المرجع: شبكة المعلومات الدولية [10]).

وغني عن البيان أن التهديد النووي الاسرائيلي هو أخطر التهديدات الاستراتيجية للأمن القومي العربي في العقدين القادمين. إذ تنفرد اسرائيل باحتكار القدرة النووية العسكرية في المنطقة العربية وتملك من الأسلحة ووسائل إطلاقها الحجم الذي يشكل تهديدا حقيقيا لدول المواجهة العربية مجتمعة [11].

ومن الأهمية بمكان معرفة أن السياسة الإسرائيلية في المجال النووي قد تحددت طبقا لمبدأ مناحم بيجن الذي أعلنة عام 1980. وهذا المبدأ يحدد المجال الحيوي لاسرئيل بجميع الدول العربية، فضلا عن باكستان وإيران وتركيا، وحتي الجنوب الإفريقي. ومعني ذلك أن علي اسرائيل أن تمنع هذه الدول من تملك أي قدرات نووية، أو صاروخية بعيدة المدي، أو حتي معرفة تكنولوجية متقدمة، حتي لوأستخدمت اسرائيل القوة العسكرية لتنفيذ ذلك. وهو ماحدث بالفعل للمفاعل العراقي واغتيال العلماء المصريين، بدءا من الدكتور علي مصطفي مشرفة،الذي لقي مصرعة في حادث سيارة بأمريكا في 16 ينساير 1950، وحتي اغتيال الدكتور/ يحي المشد في باريس 1980، بالإضافة إلي الكثير من عمليات التخريب للمعدات النووية قبل شحنها[12].

1-2-8: بداية الألفية الثالثة

تجدر الإشارة إلي أنه في عام 2001 طلبت فنلندا إقامة محطة نووية جديدة. وفي عام 2002 تعاونت هيئة الـ DOE وقطاع الصناعات النووية الأمريكي في اختيار مواقع المحطات النووية. وفي عام 2002 أيضا اعتمد بيت الخبرة المختص (House of Representative) موقع جبل يوكا لدفن نفايات الوقود المستنفذ بالولايات المتحدة الأمريكية.

1-3: قصة القنبلة الذريـــة

في البداية يود الكاتب أن يبدي وجهة نظره في هذا الموضـــوع حيـــث يري أن العلم والمعرفة حق للإنسان مهما كان نوعه وجنسيته وديانته، فهو مثل الهواء حق لجميع البشر، كما أن طلب المعرفة واجب علي الإنسان طالما لديـــة المقدرة علي ذلك، ولهـــذا عندما وقع نظري عـــلي موضوع القنبلة الذرية فـــي إحـــــــدى ملفـــــــــات شـــــــــبكة الانترنيـــــــــت[13] (http://www.student.nada.kth.se/~asa/atomic.html)، شد انتباهي ووجـــدت أنه من الواجب معرفة محتواه حتى أتعلم منه ، وبالتالي كان من الخير أن أقوم بترجمته ونقلة إلي العربية حتى يتعلمه كل من يرغب في المزيد مـــن العلـــم، " وخيركم من تعلم العلم وعلمه " كما ورد في حديث رسول الله سيدنا محمد صلي الله عليه وسلم . كما يود الكاتب أن ينوه أن المقصود من إدراج هذا الموضوع ضمن أجزاء هذا الكتاب هو للأغراض الأكاديمية وتنميـــة المعرفـــة العلميـــة والثقافية في هذا المجال الذي يجذب أنظار العديد من القراء، وليس لأي غرض آخر.

وتجدر الإشارة إلي أن هذا الموضوع موافق عليه مـــن قبـــل الناشـــر الأصلي وليس له فيه أي حقوق للنشر كما ورد علي موقعه بشبكة المعلومـــات الدولية حيث وضع الإعلان التالي:

Documentation and Diagrams of the Atomic Bomb

Document courtesy of Outlaw Labs

Downloaded from the net 1996-01-02
Put into HTML 1996-09-22

Not copyrighted. May be reproduced freely.

ب – اليورانيوم- 235 (يو-235) واليورانيوم- 238(يو- 238)

والبلوتونيوم(بلو).

1-3-3: ميكانيكية القنبلة

1- مقياس الارتفاعات (Altimeter)

2- المفجر الهوائي (Air Pressure Detonator)

3- رأس / رءوس المفجر (Detonating Head/s)

4- شحنة/شحنات التفجير (Explosive Charge/s)

5- الحارف النيوتروني (Neutron Deflector)

6- اليورانيوم والبلوتونيوم (Uranium and Plutonium)

7- درع الرصاص (Lead Shield)

1-3-4: تصميم القنبلة (Diagram of the Bomb)

1- قنبلة اليورانيوم

2- قنبلة البلوتونيوم

وثيقة إيضاحية لعدم المسئولية

إن المعلومات الموجودة في هذا الموضوع محصورة في الاستعمال الأكاديمي فقط، ولن تتحمل معامل أوت لو (Out Law) أي مسئولية عن أي استخدام آخر. ومن الحكمة أن نشير إلي أن الأشخاص الذين يصممون وينفذون ذلك هم من علماء الطبيعة (Skilled Physicists) ،ولهم دراية أكثر بتلك الأشياء من أي شخص كسول (Lay Person) يتمني القيام بهذا العمل. وتجدر الإشارة إلي أن أي شخص كسول يحاول أن ينفذ هذا التصميم، فسوف تكون فرصته المحتملة أن يقتل نفسه ، ليس بالمفجر النووي ولكن بتعرضه للإشعاع. ونحن هنا في معامل (أوت لو) لا نوصي باستخدام هذا الملف في غير أغراض النواحي الأكاديمية.

ويشتمل هذا الموضوع علي معالجة لتاريخ القنبلة الذرية والأنشطار والاندماج النووي وميكانيكية القنبلة ومكوناتها كما في النقاط التالية:

1-3-1: تاريخ القنبلة الذرية

أ- التطور(مشروع منهاتن)

ب- التفجير

1- هيروشيما

2- ناجازاكي

3- نواتج التفجيرات الذرية.

4- مناطق التفجير.

1-3-2 : الانشطار النووي / الاندماج النووي

أ - الانشطار النووي والاندماج النووي (القنبلة الذرية القنبلة الهيدروجينية)

(A Bomb and H Bomb)

1-3-1: تاريخ القنبلة الذرية

في الثاني من أغسطس 1939، قبل بدأ الحرب العالمية الثانية مباشرة، كتب ألبرت أينشتين (Albert Einstein) إلي الرئيس الأمريكي فران كلين روزفلت (Franklin D. Roosevelt) ، وقد أخبر أيشتين والعديد من العلماء روزفلت عن مجهودات النازي الألماني عن تحضير اليورانيوم-235 والذي بدوره يمكن استخدامه في بناء القنبلة الذرية. وبعد ذلك بفترة وجيزة بدأت حكومة الولايات المتحدة الأمريكية بجدية في المشروع المسمي " منهاتن "، و كان هدفه ببساطة البدء في بحث عاجل لإنتاج قنبلة ذرية.

ولقد كان أعقد شيء في هذا المشروع هو إنتاج كمية كافية من اليورانيوم المثري (enriched) للوصول إلي التفاعل المتسلسل المستدام (sustain a chain reaction) . وكان يصعب جدا في ذلك الوقت استخلاص اليورانيوم-235 . وفي الحقيقة، فإن نسبة تحويل خام اليورانيوم إلي فلز اليورانيوم كانت 500:1 . هذا بالإضافة إلي مشكلة أخري وهي أن 1 جزء من اليورانيوم الذي يمكن الحصول عليه بعد عمليات التكرير (refined) يحتوي علي 99% يو-238 والذي لا يعتبر ذو قيمة عمليا في إنتاج القنبلة الذرية. ومما زاد في تعقيد العملية أن يو-238 و يو-235 متشابهين إلي حد كبير في الخواص الكيميائية. ويمكن مقارنة صعوبة فصلهما بمثال فصل محلول السكروز عن محلول الجلوكوز. وليس هناك طرق استخلاص كيميائية عادية يمكن أن يكون لها فعالية في فصل هذين النظيرين. ويمكن للطرق الميكانيكية أن تكون فعالة في فصل يو-235 من يو-238 . وقد تولي مجموعة من العلماء في جامعة كولومبيا البحث عن حل لهذه المتاهة.

ولهذا الغرض تم بناء معمل/محطة للإثراء في أوك ريدج (Oak Ridge) بولاية تينيسي. وبدأ اتش. سي. أوراي (H.C.Urey) ومساعديه وزملائه في جامعة كولومبيا بوضع نظام عمل مبني علي أساس الانتشار الغازي ، ويتبع هذه العملية طريقة للفصل المغناطيسي ادخلها ايرنست أو. لورانس (مكتشف السيكلوترون) في جامعة كاليفورنيا في بركلي وذلك لفصل النظيرين يو-235 و يو-238 مغناطيسيا. وتبع هاتين الطريقتين السابقتين استخدام الطرد الغازي المركزي (Gas centrifuge) لزيادة فصل يو-235 الخفيف من يو-238 الثقيل والغير قابل للانشطار معتمدا علي اختلاف الكتلة بينهما. وبعد استكمال هذه العملية، كان كل المطلوب عمله هو تجربة نظرية الانشطار الذري كاملة. (لمزيد من المعلومات عن تكرير اليورانيوم (Refining of uranium) يمكن الرجوع إلي البند الثالث من هذا الموضوع).

وعلي مدي ستة سنوات ما بين 1939 إلي 1945م، تم صرف ما يزيد علي 2 بليون دولار أمريكي علي مشروع منها تن. وخلال هذه الفترة تم وضع معادلات تكرير اليورانيوم، وكذلك خطوات تخليق القنبلة الذرية، وشوهدت النهاية الطبيعية لمجهود العقول الجبارة التي شاركت في هذا المشروع. ويعتبر جي. رو برت أوبنهيمر (J.Robert Oppenheimer) ضمن تلك المجموعة التي أطلقت قوة القنبلة الذرية.

ويعتبر أوبنهيمر هو القوة الرئيسية خلف مشروع منها تن، فهو - وبدون مبالغة - الذي أخرج هذا العرض ونظم أدواره بحيث انهمكت جميع العقول العظيمة في العمل وأخرجت كل ما فيها من قوة خلاقة. وقد قام بمباشرة المشروع برمته من الفرضيات النظرية حتى اكتماله.

وأخيرا جاء اليوم الذي انتظر فيه جميع الموجودين في لوس ألاموس (Los Alamos) نتائج المشروع، وقد ظهرت في صباح محبب إليهم في منتصف صيف 1945م. ففي الساعة 45 29 5 بتوقيت مونتان في 16

يوليو 1945م (Mountain War Time) تم تجربة أول تفجير ذري في شمال ولاية نيومكسيكو. وقد حول ضوء التفجير المنطقة إلي اللون البرتقالي حين بدأت كرة النار الذرية في الظهور إلي أعلي بسرعة 360 قدم في الثانية، ثم بدأت تتحول إلي اللون الأحمر كلما بردت حرارتها. وارتفعت سحابة مميزة علي شكل فطر عيش الغراب من الغبار الذري حيث وصل ارتفاعها إلي 0000 3 قدم (ثلاثين ألف قدم). وظهر في موقع التفجير تحت السحابة قطع من الجماد الزجاجي الأخضر المشع...... وكل ذلك بفعل حرارة التفاعل الذري.

وقد جعل الضوء الهائل الناتج عن التفجير – في الصباح الباكر – السكان الموجودون علي مسافات بعيدة في الأماكن المجاورة أن يقسموا أن الشمس قد أشرقت مرتين في هذا اليوم. ومن أغرب ما يدهش أن فتاة ضريرة رأت وميض هذا الانفجار من علي بعد 120 ميل.

وقد تباينت ردود الأفعال والتعليقات من العاملين في المشروع الذين شاهدوا التجربة. فلقد شعر إسيدور رابي (Isidor Rabi) أن ميزان الطبيعة قد انقلب رأسا علي عقب .... وأن الآدميين قد باتوا يهددون جميع المخلوقات علي وجه الأرض. أما ج. روبرت أبنهيمر فقد شعر بنشوة وذهول بنجاح المشروع وقال: "لقد أصبحت أنا الموت "I am become Death وأكمل قائلا: "مدمر العالم "The destroyer of the world"، أما كن بانبردج Ken Bainbridge، مدير التجربة، فقد قال مخبرا أوبنهيمر: "الآن إحنا كلنا أولاد ....[13]

"Now we are all sons of bitches "

وقد بدأ عدد من الذين شاهدوا الحدث بفترة وجيزة في التوقيع علي وثيقة إدانة لهذه الجريمة ، ولكن رؤسائهم قابلوا احتجاجهم بآذان صماء. حيث أن هذا المكان في نيومكسيكو لم يصبح آخر مكان علي كوكب الأرض لتجربة التفجير الذري.

وتجدر الإشارة إلي أن الكثير يعلمون أن القنابل الذرية قد استخدمت مرتين في الحرب، الأولي في مدينة هيروشيما اليابانية ، ويصل وزن قنبلة اليورانيوم 5و4طن وكان اسمها الحركي "الولد الصغير "Little Boy والتي ألقيت علي هيروشيما 6 أغسطس 1945م (شكل 1-15)، وقد كان كبري أيويي Aioi Bridge، والذي يعتبر واحد من بين 81 كبري تصل بين فروع الدلتا السبعة لنهر أوتا Ota Rive هدفا لتلك القنبلة. وفي الساعة 15 8 صباحا تم إسقاط القنبلة من إينولا جيي. وقد أخطأت الهدف بمسافة 800 قدم فقط. وفي الساعة 16 8 كان عدد الموتى 66000 شخص وعدد الجرحى 69000 فرد بواسطة هذا الانفجار الذري والذي كان بقوة 10 كيلو طن.

وقد قدرت نقطة التبخر الكلي بمسافة نصف قطرها 2/1ميل تقريبا من بؤرة الانفجار، ولقد كان التدمير كاملا لمسافة ميل من بؤرة الانفجار. كما أنه كان هناك تدميرا شديدا من أثر الانفجار حتى مسافة نصف قطرها 2 ميل. وعلي مسافة 5، 2 ميل من مركز الانفجار كان كل شيء يحترق ، أما بقية المسافة المقدر قطرها بثلاثة أميال فقد أضحي كل ما فيها مخرم كالغربال بالإضافة إلي اللهب المتوهج بألوان متداخلة (شكل 1-16 وجدول 1-3).

وفي 9 أغسطس 1945م تم تعرض مدينة ناجازاكي لنفس ما تعرضت له هيروشيما ولكنها كانت قنبلة بلوتونيوم والتي أطلق عليها الاسم الحركي "الرجل السمين "Fat man. وفي لحظة من الثانية نقص تعداد مدينة ناجازاكي من 422000 إلي 383000 نسمة، حيث قتل 39000 وجرح 250000 فرد. ويقدر علماء الطبيعة القوة التفجيرية ، التي أثرت في كلا الموقعين، لكلا من القنبلتين، بأنها تساوي نسبة 10/1 من قدراتها التدميرية ولكن لم يذكروا الأسباب.

ولم تقتصر الأضرار القاتلة الناتجة من القنابل الذرية التي ألقيت علـــي المدينتين علي قوتها التفجيرية فحسب، ولكن قدراتها التدميرية لم تتوقف عند هذا الحد، ولكن تعدته بكثير. فمثلا الأمطار التي تسقط بعد التفجير الـــذري تحمـــل معها جزيئات مشعة. وقد تعرض العديد من سكان هيروشيما وناجازاكي للتسمم الإشعاعي نتيجة لوجودهم في تلك المدن.

وتجدر الإشارة إلي أن تلك التفجيرات الذرية تحمل معها مفاجآت غيـــر سارة للأجيال التالية والذين يوجدون في تلك المناطق التـــي تعرضـــت للغبـــار الذري والإشعاعات المؤينة، حيث تنتشر بيـــنهم أمـــراض نقصـــان المناعـــة " الليوكيميا "Leukemia .

وتجدر الإشارة إلي أنه كان هناك اعتقادا سائدا في الأيام الأولـــي مـــن العصر الذري، أنه ربما سوف تستخدم القنابل الذرية في عمليات المناجم وفي المساعدة في شق قناة مثل قناة بنما، ولكن ذلك لم يتحقق مطلقا. ولـــم تتـــواني التجارب الذرية ابتداء من "بكيني أتول" والعديد من المواقع الأخري حتى إجراء تجربة "بان ترتو ري". ويمكن الحصول علي الصور الخاصـــة بتـــلك التجارب النووية من "the Freedom of Information Act" .

ولما كان الغرض من وراء استخدام القنبلة الذرية معروفا، فإن هنـــاك العديد من النتائج المصاحبة والتي لابد أن تؤخذ في الاعتبار خـــلال اســـتخدام الأسلحة النووية. فإنه بوسع قنبلة ذرية صغيرة أن تسحق وتوقف عمل وســـائل الاتصالات والماكينات الموجودة علي مسافات كبيرة من موقع نقطة التفجـــير، وذلك بفعـــل الذبذبـــات الكهرومغناطيسية "Electro-magnetic pulses" والتـــي تصدر من الارتفاعات العالية التي تم فيها التفجيـــر الـــذري. وتصـــدر تلـــك الموجات كمية كافية من الطاقة لصهر وطـــبخ جميـــع الأجهـــزة الإلكترونيـــة وملحقاتها ابتداء من الأسلاك النحاسية إلي أجهزة الكومبيوتر في دائرة نصـــف قطرها 50 ميل.

وفيما يلي وصف للنطاقات المختلفة حول مركز تفجير القنبلـــة الذريـــة ونسبة الدمار الشامل بكل منها الموضحة في الشكل رقم 1-16

1- نقطة التبخر

كل شيء يتبخر نتيجة الانفجار الذري . نسبة الضحايا 98% .

القهر overpress = 25 (25 psi) . سرعة الريح = 320 ميل / ساعة.

2- دمار كلي

جميع التراكيب (المنشآت) فوق سطح الأرض . نسبة الضحايا 90% .

القهر 17 (psi 17) . سرعة الريح = 290 ميل في الساعة .

3- خراب حاد بسبب الانفجار

انهيار المصانع والمباني الكبيرة . تضرر شديد للكباري علي الطـــرق السريعة. انعكاس التيار في مجاري الأنهار أحيانا . القهر 9 psi . سرعة الريح = 260 ميل / ساعة . 65% ضحايا، 30% جرحي .

4- خراب بفعل الحرارة:

احتراق كل ما هو قابل للاشتعال. اختناق الناس بسبب استهلاك معظـــم الأوكسجين في النيران. نسبة الضحايا 50%، نسبة الجرحى 45% القهر 6 psi سرعة الريح 140 ميل في الساعة.

5- خراب بفعل النيران والريح

تتأثر المباني السكنية والإدارية بشدة ، الناس تتطاير. تأثر الناس الـــذين علي قيد الحياة بحروق من الدرجة الثانية والثالثة. نسبة الضحايا 15% ونســـبة الجرحى 50%. القهر 3 psi . سرعة الريح 98 ميل / ساعة.

جدول 1-3 : نصف قطر نطاقات التدمير المختلفة

طبقا لشدة القنبلة الذرية

الشدة :10 كيلو طن ارتفاع نقطة التفجير 1980 قدم	**الشدة : 1 ميجا طن ارتفاع نقطة التفجير 8000 قدم**	**الشدة : 20 ميجا طن ارتفاع نقطة التفجير 175000 قدم**
1 – 0,50 ميل	502, ميل	8,75 ميل
2 – 1,00 ميل	3,75 ميل	14,00 ميل
3 – 1,75 ميل	6,50 ميل	0027, ميل
4 – 2,50ميل	75ر7 ميل	31,00 ميل
5 – 3,00 ميل	10,00 ميل	0035, ميل

1-3-2: الانشطار النووي والاندماج النووي

من المعروف أنه يوجد نوعين للتفجيرات الذرية والتي يمكن أن يستخدم فيها اليورانيوم 235 وهما الانشطار والاندماج.

والانشطار ببساطة هو عبارة عن تفاعل نووي تنشطر فيه نواة الذرة إلي أجزاء، عادة جزأين متقاربين في الكتلة ، مع انبعاث طاقة تقدر بحوالي 100 مليون إلي عدة مئات ملايين فولت، وهذه الطاقة الهائلة هي التي تسبب الانفجار الرهيب في القنبلة الذرية . أما الاندماج النووي فهو يبدأ في أوله بتفاعل انشطاري، ولكنه ليس مثل التفاعل الانشطاري ، فالاندماج (قنبلة الهيدروجين) يستمد قوته من اندماج نواتين من نظائر الهيدروجين المختلفة لتكوين نواة الهيليوم.

وتجدر الإشارة إلي أن القوة الهائلة وراء التفاعل في القنبلة الذرية تأتي من القوة التي تربط الذرات بعضها ببعض ، وهذه القوي تشبه ، ولكن ليست هي نفسها، المغناطيسية . وتتكون الذرة من ثلاثة أجزاء، البروتون والنيوترون تتجمع معا لتكون النواة الموجودة في مركز الذرة، أما الإلكترونات فتوجد في مدارات حول النواة مثل الكواكب التي تحيط بالشمس. وتلك الأجزاء هي التي تحدد ثبات الذرة.

وتتميز معظم العناصر الطبيعية بذرات ثابتة جدا والتي لا يمكن انشطارها إلا بقذفها بأجزاء معجلة. وفي جميع الأغراض العملية فإن العنصر الحقيقي الأوحد الذي تنشطر ذراته بسهولة نسبيا هو فلز اليورانيوم. وعادة ما تكون ذرات اليورانيوم كبيرة الحجم، ومن ثم فإنها يصعب عليها أن تتماسك تماسكا شديدا. وهذه الظاهرة تجعل اليورانيوم – 235 أفضل النظائر مناسبة للانشطار النووي.

واليورانيوم عبارة عن فلز ثقيل ، أثقل من الذهب، وليس كبر ذراته عن أي عنصر طبيعي هو ما يميزه، ولكن ذرات اليورانيوم تحتوي علي نيوترونات أكثر من البروتونات. وهذا لا يساعد علي قدرتها علي الانشطار فحسب بل يزيد من قدرتها علي تيسير الانفجار.

ويوجد نظيرين لليورانيوم همـــا يـــو –238 ويـــو – 235، ويتكـــون اليورانيوم الطبيعي أساسا من النظير يو – 238، الذي يحتوي علي 92 بروتون و146 نيوترون(92+146 = 238) ويختلط اليورانيوم –235 بهـــذا النظيـــر حيث يمثل حوالي 7ر0% من اليورايوم الطبيعي، ويحتوي يو – 235 علي 143 نيوترون. وهذا النظـــير لا يشابه يو – 238، حيث أن ذراته قابـــله للانشطـــار ولـــذلك يسمـــي(انشطاري) ويمكن استخدامه في عمل القنبلـــة الذريـــة. أمـــا اليورانيوم 238 فهو يتصف بثقله النيوتروني، وهو يعكـــس النيوترونـــات ولا يمتصها مثل أخيه النظير يو –23. وتجدر الإشارة إلي أن يو – 238 ليس لـــه دور في التفاعل الذري ، ولكن خواصه تعطيه صفة مميزة لاستخدامه كـــدرع لليورانيوم 235 عند عمل القنبلة الذرية، ويكون وظيفته كعاكس للنيوترونـــات. وهذا يساعد علي تلافي أي حادثه للتفاعل المتسلسل بين كتلة يـــو – 235 وأي رصاصة توجه إلي القنبلة. وأيضا يمكن ملاحظة أنه بينما يو – 238 لا يسرع التفاعل المتسلسل ، فهو يتشبع بالنيوترونات لينتج البلوتونيوم (بلو – 239). والبلوتونيوم مادة انشطارية ، و يمكن استخدامه بدلا من اليورانيوم – 235 في القنبلة الذرية (وذلك باستخدام مود يل مختلف من الـ فجر).

ويعتبر كلا نظيري اليورانيوم مشعا طبيعيا ، وتتحلل ذراتهما الضـــخمة علي فترة زمنية كافية (تزيد علي 000ر100 مائة ألف سنة أو أكثر) ، وخلال تلك الفترة يفقد اليورانيوم العديد من جزيئاته حتى يتحول في النهائية إلي فلـــز الرصاص. ومع ذلك فيمكن تسريع(تعجيل) هذه العملية، وتعرف هـــذه العمليـــة بالتفاعل المتسلسل Chain reaction ، حيث يمكن أن يـــتم انشـــطار الـــذرات

بضربها بالنيوترونات التي تأخذ طريقها بالقوة إلي أنوية تلك الذرات . وتعتبر ذرة يو – 235 غير مستقرة جدا حيث بضربة من نيوترون واحد تكفي لانشطارها، ومن ثم يبدأ التفاعل المتسلسل. ويمكن أن يحدث ذلك عند وجود الكتلة الحرجة Critical mass (كمية صغيرة نسبيا)، وعندما يبدأ هذا التفاعل المتسلسل، تنشطر ذرة اليورانيوم إلي ذرتين لعنصرين مختلفين مثل الباريوم والكريبتون.

وعندما تنشطر ذرة يو – 235، تنطلق منها طاقة علي شكل حرارة وأشعة جاما، والتي تعتبر أقوي أنواع الإشعاع والأكثر قتلا. وعندما يحدث هذا التفاعل فإن الذرة المنشطرة تعطي ذرتين أو ثلاثة بالإضافة إلي نيوترون احتياطي والذي لم يستخدم في تكوين باريوم أو كر يبتون. وتطير تلك النيوترونات الاحتياطية بقوة كافية لتشطر ذرات أخري تصادفها (شكل 1–17) ونظريا، فمن الضروري شطر ذرة واحدة من يو – 235، والنيوترونات من ذلك سوف تقوم بشطر ذرات أخري، والتي سوف تتشطر أكثر ... وهكذا دواليك. وتجدر الإشارة إلي أن هذا التعاقب (Progression) لا يحدث بشكل حسابي، ولكن بشكل هندسي. وكل ذلك يحدث في فترة تقدر بمليون من الثانية (a millionth of a second).

وتعرف الكمية الدنيا (minimum) اللازمة لبدء التفاعل المتسلسل الذي تم وصفة بعالية (بالكتلة فوق الحرجة Super – Critical Mass). وتعتمد الكمية الحقيقية اللازمة لبدء التفاعل المتسلسل علي درجة نقاوة المادة، حيث تقدر بالنسبة ليورانيوم– 235 النقي بـ 110 رطل (50 كيلو جرام) ، ولكنة لا يوجد يورانيوم نقي تماما، ولذلك فالكمية المطلوبة تعتبر أكثر من ذلك.

وتجدر الإشارة إلي أنه ليس اليورانيوم وحده هو المادة الوحيدة التي تستخدم في عمل القنابل الذرية ، فهناك مادة أخري يمكن استخدامها هي عنصر البلوتونيوم، في صورة نظير بلو – 239 (Pu – 239). ولا يوجد البلوتونيوم

طبيعيا (ماعدا كميات شحيحة جدا)، وهو دائما ينتج من اليورانيوم. والطريقة الوحيدة لانتاج البلوتونيوم من اليورانيوم هو معالجة اليورانيوم - 238 في مفاعل نووي. وبعد فترة من الزمن، فإن النشاط الإشعاعي المكثف يسبب حصول الفز علي جزئيات زائدة، وعلي ذلك أكثر فأكثر تتحول ذرات اليورانيوم إلي بلوتونيوم.

والبلوتونيوم لا يبدأ التفاعل المتسلسل (شكل 1-17) السريع بذاته، ولكن هذه المعضلة قد تم التغلب عليها باستخدام مصدر للنيوترونات مثل مادة عالية النشاط الإشعاعي والتي تعطي نيوترونات أسرع من البلوتونيوم ذاته. وفي بعض الأنواع من القنابل يستخدم خليط من عنصري البربليوم و البولونيوم Beryllium and Polonium للوصول إلي هذا التفاعل. وتستخدم في ذلك قطعة صغيرة ، وهذه المادة ليست إنشطارية بذاتها، ولكنها تستخدم كعامل مساعد للوصول إلي التفاعل الأكبر (greater reaction).

1-3-3: ميكانيكية القنبلة

أ – مقياس الارتفاعات

يستخدم مقياس ارتفاع طائرة عادي من نوع الباروميتر الجاف(Aneroid Barometer) والذي يقيس تغيرات مقدار الضغط الجوي بالنسبة للارتفاعات المختلفة. ومع ذلك فإن التغير في الضغط الجوي بسبب المناخ يمكنه أن يعطي تأثيرا خاطئا لقراءات جهاز الارتفاعات . ولذلك فإنه من الأنسب استخدام الرادار في قياس الارتفاعات لتحسين الدقة عندما تصل القنبلة مستوي ارتفاع صفر من الأرض (Ground Zero).

هذا وتجدر الإشارة إلي أن تردد الموجات المستمرة (FMCW) Frequency Modulated – Continuous Waves والمعقدة لدرجة كبيرة تؤثر علي دقة نتائج أية أنواع أخري من مقاييس الارتفاعات. ومثل الأنظمة بسيطة التردد Simple Pulse، فإن الإشارات (Signals) تنبعث من هوائي الرادار الموجود مع القنبلة، تلمس الأرض وترتد بسرعة إلي جهاز قياس الارتفاعات الخاص بالقنبلة. وهذا النظام الترددي Pulse System يستخدم في أنظمة مقاييس الارتفاعات الأكثر تقدما. وفيها فإن التردد يكون مستمرا ويتركز حول تردد عالي مثل 4200 ميجا هيرتز. وهذا التردد أو الإشارة (Signal) قد نظمت لتزداد بثبات عند 200 ميجا هيرتز لكل مسافة قبل أن تنقص إلي قيمة ترددها الأصلي.

وحالما يبدأ إسقاط القنبلة ، فإن مقياس الارتفاعات يرسل نبضة (Pulse) تبدأ قيمتها ب– 4200 ميجا هيرتز. ومع وقت ارتداد النبضة، يبدأ ترانسيميتر جهاز مقياس الارتفاعات altimeter transmitter في إصدار ترددا أعلا. ويتوقف الفرق علي كم من الوقت استغرقته النبضة لتعود من رحلتها. وعندما يمزج هذين الترددين إليكترونيا ، يبدأ ترددا جديدا (يساوي الفرق بين الترددين) في

الظهور. وتقاس قيمة هــذا التــردد الجديــد بالرقــائق الداخليــة (Built – in microchips). وتتناسب هذه القيمة تناسبا طرديا مع المسافة التــي قطعتهــا النبضة الأصلية، وعلي ذلك فإنه يمكن استخدامها لإعطاء الارتفــاع الفعلــي. عمليا ، فإن رادارا مثاليا من نوع FM CW يمكنه أن يخترق كل ما يعتــرض طريقة بقدرة 120 مرة في الثانية. ويقدر مداه حتي 10000 قدم (3000 متــر) علي الأرض و 20000 ألف قدم (6000 متر) فوق البحر، حيث أن انعكاسات الصوت من سطح المياه يكون أوضح.

وتصل دقة مقــاييس الارتفاعــات هــذه ضــمن 5 أقــدام (1ر5 م) للارتفاعات العليــا (Higher ranges). وقد حدد الارتفاع المثالي لانفجار القنبلة الذرية بمقدار 1980 قدم من سطح الأرض ، هذا وتجدر الإشارة إلي أن نســبة الخطأ التي تم الإشارة إليها لا تمثل قلقا يمكن أخذه في الاعتبار.

ولقد منعت التكلفة العالية لمقياس الارتفاعات الراداري استخدامه فــي التطبيقات التجارية، ولكن التكلفة المتناقصة للمكونات الإلكترونية يمكن أن تجلها منافسة للأنواع الباروميترية التي استخدمت لفترات طويلة.

ب – مفجر بضغط الهواء

يمكن لهذا المفجر أن يكون ذو آلية معقدة جدا ولكن يستخدم مــود يــل بسيط لكل الأغراض العملية. وفي الارتفاعات العالية ، يكون ضغط الهواء أقل، وعندما يقل الارتفاع يزداد الضغط الجوي. ويمكن استخدام شريحة رقيقة جــدا من معدن ممغنط كمفجر بضغط الهواء. وكل ما هو مطلوب لهــذه الشــريحة المعدنية أن يكون بها فقاعة من معدن رقيق جدا مصاغة في المركز وموضوعه مباشرة تحت الموصل الكهربائي electrical contact والذي سيقدح زناد المفجر التقليدي. قبل تثبيت الشريحة في مكانها، أضغط الفقاعة لكي تكون مقلوبة.

وحالما يصل الضغط الجوي إلي المستوي المطلــوب ، فــإن الفقاعــة المغناطيسية سوف ترجع إلي الخلف محدثة فرقعه وتعود إلي وضعها الأصــلي وتضرب الموصل the Contac strike ، وهكذا تكتمل الدائرة وتفجر المــادة / المواد المتفجرة.

ج – رأس / رؤوس المفجر

يعتمد رأس أو رؤوس المفجر علي نوعية المادة النووية المستخدمة هل هي قنبلة يورانيوم أم بلوتونيوم، الذي يوضع في الكبســول التقليــدي ويكــون مشابها لغطاء المفجر القياسي . وهو ليس أكثر من أنه يستخدم كمحفز أو عامل مساعد Catalyst فقط لإحداث الانفجار الأعظم. وتعتبر معايرة هــذا الجهــاز أساسية. فإن استخدام رأس صغيرة جدا سوف يسبب فشلا هائلا والذي ســوف يضاعف الخطر حيث أنه لابد أن يتول شخصا ما نزع الفتيل، ويعيــد تزويــد القنبلة برأس مفجر أخر. (يضاف إلي ذلك قياسا أخر وهو أن مشاكل إضــافية قد تأتي من التفجير بقوة غير كافية والذي يتسبب في لحام الفلزات المشــعة). وسوف يسبب ذلك الوصول الي الكتلة الفوق حرجة Supercritical mass والتي يمكن أن تنطلق في أي وقت. وتستقبل رأس المفجر شحنة كهربيــة إمــا مــن مفجر الضغط الهوائي أو مقياس الارتفاع الراد اري المتصل بالمفجر، معتمــدا علي أي نوع يستخدم من الأجهزة. وتقوم شركة Du Pont بعمل أغطية ممتازة للكبسول، والذي يمكن تعديلها (modified) لتناسب المواصفات المطلوبة.

د – شحنة / شحنات المتفجرات التقليدية

تستخدم هذه المتفجرات للتحضير (ولحام) أقل كمية من اليورانيوم مع الكمية الكبيرة في وعاء القنبلة. إن كمية الضغط التي يحتاج إليها لإتمــام ذلــك غير معروفة ويحتمل أن يكون إخفائها متعمدا بواسطة حكومة الولايات المتحدة الأمريكية لأسباب الأمن القومي.

وتعمل المفرقعات البلاستيكية بكفاءة في هذا الوضع حيث أنهـا تعـالج بكفاءة لتمكن كل من قنبلة اليورانيوم وقنبلة البلوتونيوم من الانفجـار. وتعتبـر اليوريا من المفرقعات الجيدة جدا، وفيما يلي طريقة تحضير نترات اليوريا:

المقادير والطريقة :

1- 1كوب من محلول حامض اليوريك المركز $C_5 H_4 N_4 O_3$.

2- 1/3 كوب من حامض النتريك المركز.

3- 4 حاويات زجاجية مقاومة للحرارة.

4- 4 مرشحات (تفي مرشحات القهوة بالغرض).

رشح محلول حامض اليوريك للتخلص من الشوائب. أضـف ببطـيء شديد ثلث كوب من حامض النتريك إلي المحلول واترك الخليط هـادئا لمـدة ساعة. رشح المحلول كما سبق . في هذه المرة سوف تتجمع بلـورات نتـرات اليوريا علي المرشح. أغسل البلورات بصب الماء عليها أثنـاء وجودهـا فـي المرشح. تزاح البلورات من علي المرشح وتترك 16 ساعة لكي تجـف. هـذه المفرقعات تحتاج إلي كبسول (مفجر لكي تنفجر).

ومن المحتمل بالضرورة أن يتم تحضير كمية أكبر مـن التـي وردت بعاليه للوصل إلي انفجار كبيرا يكفي إلي لحام أقسام اليورانيوم (أو البلوتونيوم) معا عند الارتطام (impact).

ذ- عاكس نيوترونات

يتكون عاكس النيوترونات من اليورانيوم – 238 منفردا حيث أن هـذا النظير ليس قابلا للانشطار فقط ولكـن لديـه القـدرة الفريـدة علـي عكـس النيوترونات إلي مصدرها.

وينفع عاكس النيوترونات المكون من اليورانيوم – 238 في غرضين. في قنبلة اليورانيوم ، يعمل عاكس النيوترونات كحمايـة (كحـارس) لتمنـع

إمكانية وصول الكتلة إلى الفوق حرجيه بطريق الخطأ ، وذلك بسبب قفز النيوترونات الضالة من الوعاء الحاوي لكتلة اليورانيوم بعيدا عن الكتلة الأكبر الموجودة أسفلها (والعكس). أما عاكس النيوترونات في قنبلة البلوتونيوم فهو يساعد حزم البلوتونيوم علي استعادة نيوتروناتها وذلك لقيامة بعكس الجزيئات الضالة ثانية إلي مركز تجمعها(انظر الرسم في القسم الرابع من هذا الموضوع).

اليورانيوم والبلوتونيوم

يصعب استخلاص اليورانيوم – 235، وفي الحقيقة ففي كل 25000 طن من خام اليورانيوم المستخرج من المناجم من الأرض ، يمكن تكرير 50 طن / فقط من فلز اليورانيوم ويمثل اليورانيوم – 238 3ر99 % من تلك الكمية، حيث يتصف بشدة ثباته كي يستخدم كعامل نشيط في التفجير الذري . ولجعل الموضوع أكثر تعقيدا ، فإنه لا يوجد طريقة كيميائية عادية لفصل يو – 235من يو – 238 للتشابه الشديد بينها في الخواص الكيميائية. والطرق الوحيدة لفصل اليورانيوم – 235 من اليورانيوم – 238 هي الطرق الميكانيكية.

يعتبر اليورانيوم – 235 أخف قليلا من شريكة اليورانيوم 238. ويستخدم نظام الانتشار الغازي Gaseous diffusion لبدأ عملية الفصل بين النظيرين. وفي هذا النظام، يتحد اليورانيوم مع الفلورين لتكوين غاز سادس فلوريد اليورانيوم (UF6). هذا الخليط حينئذ يدفع بقوة بواسطة مضخات منخفضة الضغط خلال مجموعة من الحواجز بالغة الدقة في مسامها (حواجز دقيقة المسام). ولأن ذرات اليورانيوم – 235 أخف فإنها تندفع أسرع من ذرات اليورانيوم – 238 ، حيث تخترق الحواجز قبلها. وكنتيجة لذلك فإن تركيز اليورانيوم – 235 يزداد بعد مروره من حاجز تلو الآخر. وبعد المرور من عدة آلاف من الحواجز ، فإن سادس فلوريد اليورانيوم (UF 6) يحتوي علي تركيز عالي نسبيا من اليورانيوم – 235 (2%) يورانيوم نقي في حالة

استخدامه كوقود للمفاعلات)، ولو تم دفعه أكثر يمكن أن يصل اليورانيوم النقي نظريا إلي 95% والذي يستخدم في القنبلة الذرية.

وعندما تنتهي عملية الانتشار الغازي ، لابد من تكرير اليورانيوم مـــرة أخري. ويستخدم الفصل المغناطيسي في عملية إثراء اليورانيوم لجعل اليورانيوم أكثر تكريرا. وينتج عن ذلك غاز رابع كلوريد اليورانيوم (UCl4) محملا بشحنة كهربية ، وتمرر بعد ذلك مباشرة علي مغنـــاطيس كهربـــي (electromagnet). وحيث أن جزيئات اليورانيوم – 235 أخف في هذا الممر الغازي فإنها تكـــون أقل تأثرا بالجذب المغناطيسي، حيث يمكن أن تنفصل تـــدريجيا مـــن الممـــر (Flow).

ويتبع هاتين العمليتين الأول، عملية إثراء ثالثة يتم تطبيقها علي نـــاتج العملية الثانية . وفي هذه الطريقة تستخدم عمليـــة الطـــرد المركـــزي لفصـــل اليورانيوم – 235 (الأخف) من شريكة الأثقل (يو – 238). وتتولى عمليـــة الطرد المركزي فصل نظيري اليورانيوم بناء علي الاخـــتلاف فـــي الكتلـــة. وعندما تتم تلك العمليات، كل ما تحتاج إلي فعلة هو وضع كمية اليورانيـــوم – 235 المناسبة في داخل الرأس النووي والذي سوف يسهل الانفجار الذري.

وقد حددت كمية اليورانيوم – 235 (الكتلـــة فـــوق الحرجـــة Super Critical mass بمائة وعشرة (110 رطل) المساوية لخمسين كيلوجرام مـــن اليورانيوم النقي، واعتمادا علي طريقة / طرق التكرير التي استخدمت تكرير يو – 235 القابل للاستعمال ، وبالتماشي مع تصميم ميكانيكية الـــرأس الحربـــي والارتفاع الذي يحدث فيه الانفجار، فإن قوة الانفجار للقنبلة الذريـــة يمكـــن أن تنحصر قيمتها بين 1 كيلو طـــــن (الذي يساوي 1000 طن من مادة TNT) ، والتي تعتبر أقل رأس نووية استراتيجية نملكها في هذه الأيام. (وفي الحقيقة فإن غواصة تري دنت النوويـــة (Nuclear Submarine Trident) تحمـــل قـــوة

تدميرية تقدر بـــ 25 مرة مثل التي استخدمت في الحرب العالمية الثانيـــة .... تصـور ؟؟؟

ولا يعتبر اليورانيوم المادة الوحيدة القابلة للانشطار، فيمكن للبلوترنيوم أن يستخدم في القنبلة الذرية كذلك . فعندما يترك اليورانيوم – 238 في المفاعل الذري لمدة طويلة ، فإن يو – 238 يلتقط جزيئات زائدة (خاصة نيوترونات) وتدريجيا يتحول إلي بلوتونيوم.

والبلوتونيوم مادة انشطارية، ولكن ليست في سهولة انشطار اليورانيوم. فبينما اليورانيوم يمكـــن تفجيـــره بنظـــام بســـيط (a simple 2-part gun-type device)، بينما البلوتونيوم لابد من تفجيره بنظام أكثر تعقيدا .

(32-part implosion chamber along with a stronger conventional explosive, a greating striking velocity and simultaneous triggering mechanism for the conventional explosive packs).

ومع كل هذه الاحتياجات يتم إدخال عوامل إضـــافية additional task حيث يوضع مخلوط دقيق من البريليوم والبولونيوم إلي الفلز خلال حدوث كـــل هذه العمليات.

وقد تم تقدير الكتلة فوق الحرجية للبلوتونيوم بمقدار2ر35 رطـــل (16 كيلو جرام) ويمكن اختصار هذه الكمية المطلوبة إلي 22 رطـــل (10 كيلـــو جرام) وذلك بإحاطة البلوتونيوم بغلاف من يو – 238 (U – 238 Casing).

ولتوضيح الفارق الضـــخم بـــين مفجـــر اليورانيـــوم (U gun – type detonator) ومفجر البلوتونيوم (plutonium implosion detonator) سوف يتم استعراض ذلك فيما يلي:

(1) مفجر اليورانيوم

يشتمل علي جزأين (شكل 1-18) ، كتلة أكبر وتكون دائرية الشـــكل (Spherical) ومقعرة، وكتلة أصغر تمثل بدقة الحجم والشكل المفقود في قطاع الكتلة الأكبر فعند تفجير المفرقعات العادية، فإن الكتلة الأصـــغر تحقـــن بشـــدة وتلحم في الكتلة الأكبر. يتم الوصول إلي الكتلة فوق الحرجة، ويبـــدأ التفاعـــل المتسلسل في واحد علي مليون من الثانية.

(2) مفجر البلوتونيوم

يحتوي علي 32 قسم من البلوتونيـــوم 32 individual 45 degree pie shaped sections of plutonium المحاط بخليط من البريليوم والبولونيوم. وتشكل تلك الأقسام الـــ 32 معا شكل دائري (Sphere). ولابد أن تكون تلك الأقســـام متساوية بدقة في الكتلة (الشكل B18-1) مع بعضها الـــبعض. ويشـــبه شـــكل المفجر كرة القدم. وعند تفجير المفجرات العادية، يندمج الـــ 32 قسم مع مخلوط البريليوم والبولونيوم في مدة تقدر بواحد علي عشرة مليون من الثانية.

درع الرصاص Lead Shield

الغرض من درع الرصاص هو منع النشاط الإشعاعي الملازم تلقائيـــا لحمولـــة القنبلة من التداخل مع الميكانيكيات الأخرى للقنبلة. وقد يكفـــي بشـــدة فيض النيوترونات المنبعثة من حمولة القنبلة لإحداث خلل في الدوائر الداخليـــة الذي يسبب حادثة تؤدي إلي الانفجار قبل الوقت المحدد له.

الفيوزات Fuses

توضع الفيوزات كحارس أخر لمنـــع أي حادثـــة تفجيـــر لكـــلا مـــن المفرقعات التقليدية والحمولة النووية. وتثبت الفيوزات بالقرب من سطح مقدمة القنبلة (NOSE)، وذلك لإمكانية إدخالها بسهولة عنـــدما تكـــون القنبلـــة معـــدة للإسقاط، ولابد من تركيب الفيوزات قبل إسقاط القنبلة بفترة قصـــيرة، وذلـــك

لتوصيلهم (الفيوزات) قبل وقت قليل لتلافي إمكانية حدوث كارثـــة مـــدمرة نسبيا.

3-4: رسم القنبلة الذرية

يوضح الشكل 1-19 قطاعات مقســـمة لمنظـــور Sectionals visible لنموذج قنبلة جاذبية (Gravity Bomb. ويوضح نفس الشكل رسم توضيحي لأجزاء القنبلة الذرية. وفيما يلي وصف للأجزاء المكونة للقنبلة الذرية حســـب وجودها في الرسم الموضح في الشـــكل رقم 1-19:

(1) المؤخرة المخروطية Tail Cone

(2) مراوح مثبتة بالذيلStabilizing Tail Fins

(3) أنبوبة / مفجر بالضغط الجوي Air Pressure Detonator

(4) أنبوبة / أنابيب دخول الهواء Air Inlet Tube (s)

(5) مقياس الارتفاعات / حساسات للضغط Altimeter / Pressure Sensors

(6) حاوية من الرصاص Lead Shield Container

(7) رأس المفجر Detonating Head

(8) شحنة من المفجرات التقليدية Conventional Explosive Charge

(9) Packing

(10) يورانيوم (يو – 235 U –235) Uranium (بلوتونيوم Plutonium)

(11) عاكس النيوترونات (يو 238) Neutron Deflector

(12) وحدة مسح الأبعاد Telemetry Monitoring Probes

(13) Receptacle for U – 235 Upon Detonation

(14) فيوزات تثبت في ذراع القنبلة Fuses Inserted in arm bomb

ويوضح الشكل 1-20 رسم أجزاء قنبلة البلوتونيوم. وفيما يلي وصف لهذه الأجزاء المكونة لقنبلة البلوتونيوم حسب وجودها في هذا الشكل:

(1) مخروط الذيل Tail Cone

(2) مراوح تثبيت الذيل Stabilizing Tail Fins

(3) مفجر بالضغط الجوي Air Pressure Detonator

(4) أنبوبة / أنابيب مداخل الهواء Air Inlet Tube (s)

(5) مقياس الارتفاعات والضغط الجوي Altimeter / Pressure Sensors

(6) التوصيلات الإلكترونية ودائرة الفيــوزات Electronic Conduits and Fusing Circu

(7) حاوية من الرصاص Lead Shield Container

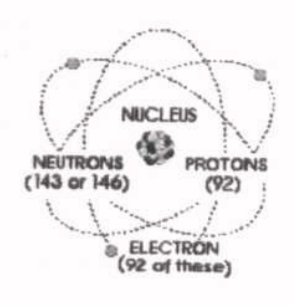
(8) عاكس نيورترونات Neutron Deflector (U- 238)

(9) شحنة / شحنات مفرقعات تقليدية Conventional Explosive Charge (s)

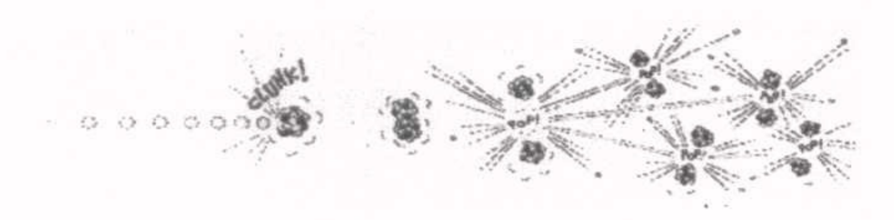
(10) بلوتونيوم – 238 Plutonium (Pu – 238)

(11) وعاء مخلوط البريليوم والبولونيوم كعامل مســـاعد للتفجـــير الذري for Beryllium Polonium mixture Receptacle

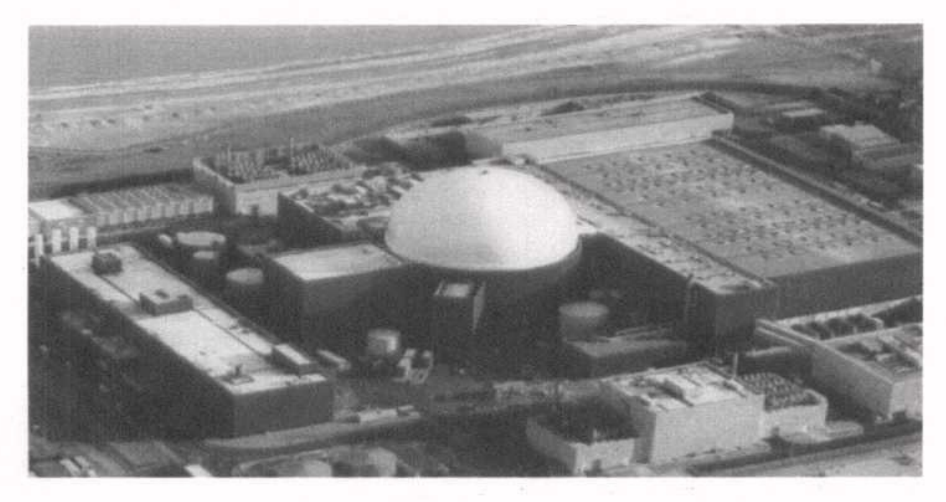
(12) فيوزات مثبتة في ذراع القنبلة Fuses (Inserted to arm bomb)



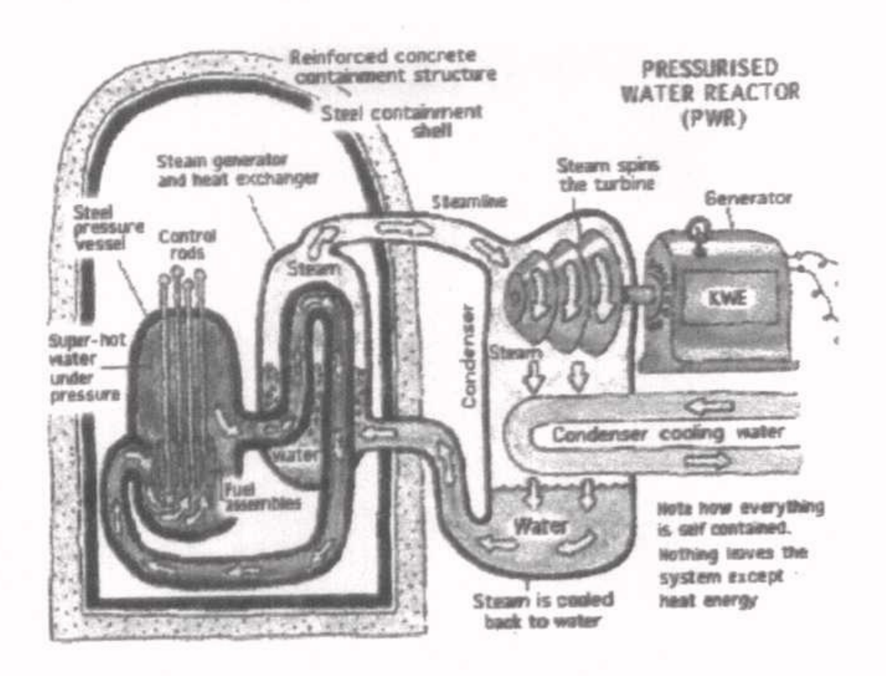
شكل 1-1: ذرة اليورانيوم



شكل 1-2: التفاعل المتسلسل لانشطار ذرة اليورانيوم



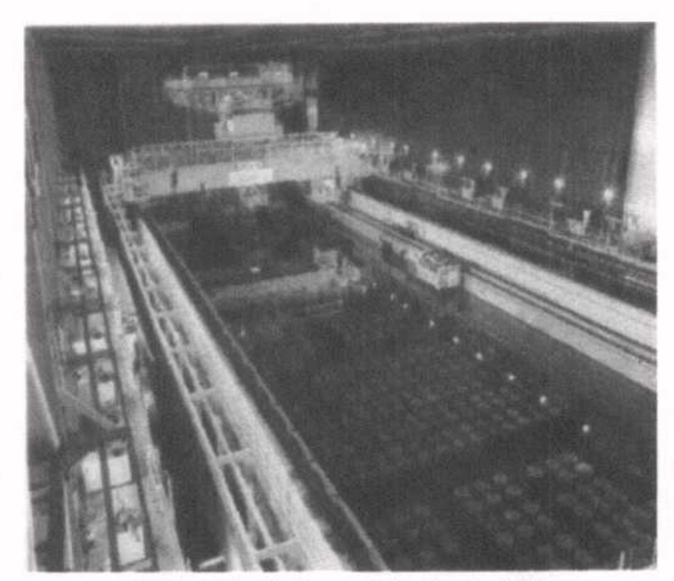
شكل 1-3: محطة سيزويل **Sizewell** النووية في بريطانيا



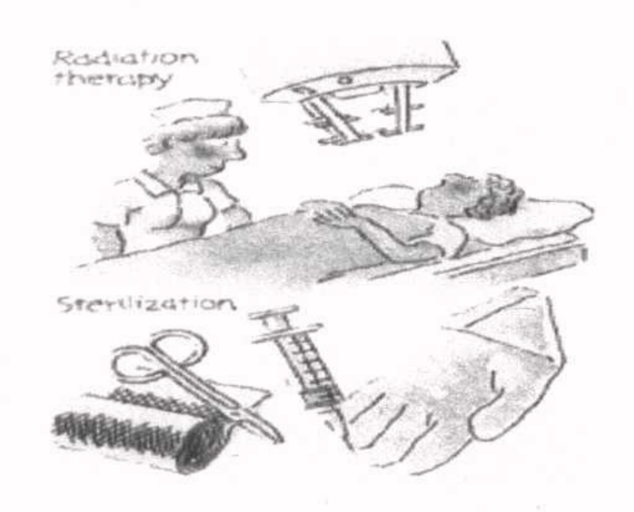
شكل 1-4 : مكونات مفاعل نووي يستخدم الماء المضغوط



شكل **1-5**: وضع حزمة الوقود داخل المفاعل



شكل 1-6: تخزين الوقود المستنفذ



شكل 1-7 :استخدام الإشعاع في الطب النووي

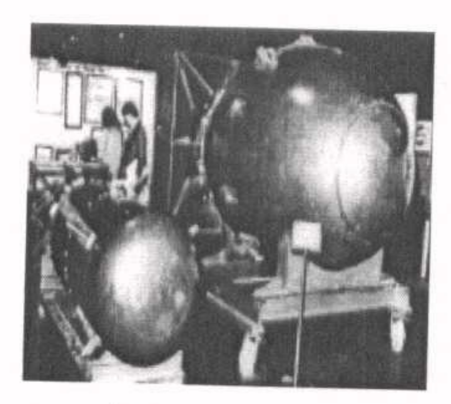
وتعقيم المستلزمات الطبية



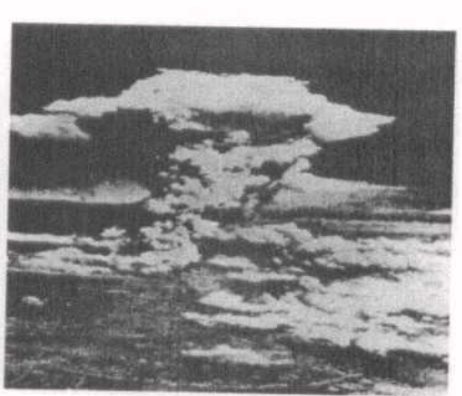
شكل 1-8: المحطات النووية لتوليد الطاقة علي مستوي العالم



شكل ع1-9: الطائرة القاذفة B-29 التي ألقت القنابل الذرية علي اليابان



شكل 1-10: القنبلتين اللتين ألقيتا علي هيروشيما وناجازاكي



شكل 1-12: السحابة الذرية الرهيبة على شكل عيش الغراب بعد انفجار القنبلة الذرية علي هيروشيما

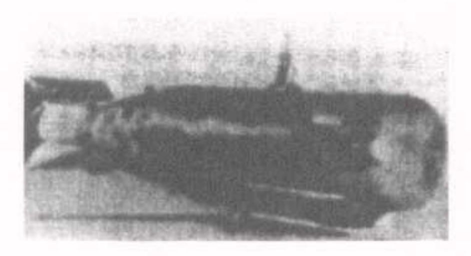


شكل 1-11 : الموقع المسمي بقبو القنبلة وبهآثار الدمار الشامل والمنطقة المحيطة به

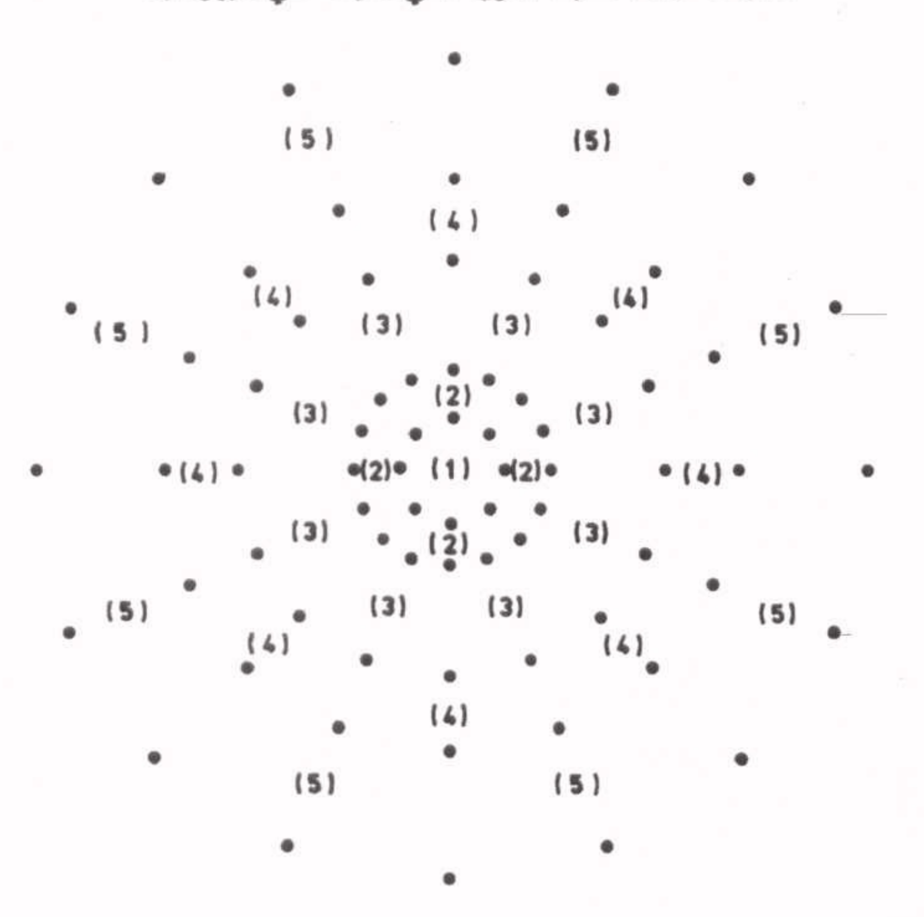
شكل 1-13: توزيع الطاقة الناتجة عن الانفجار الذري.



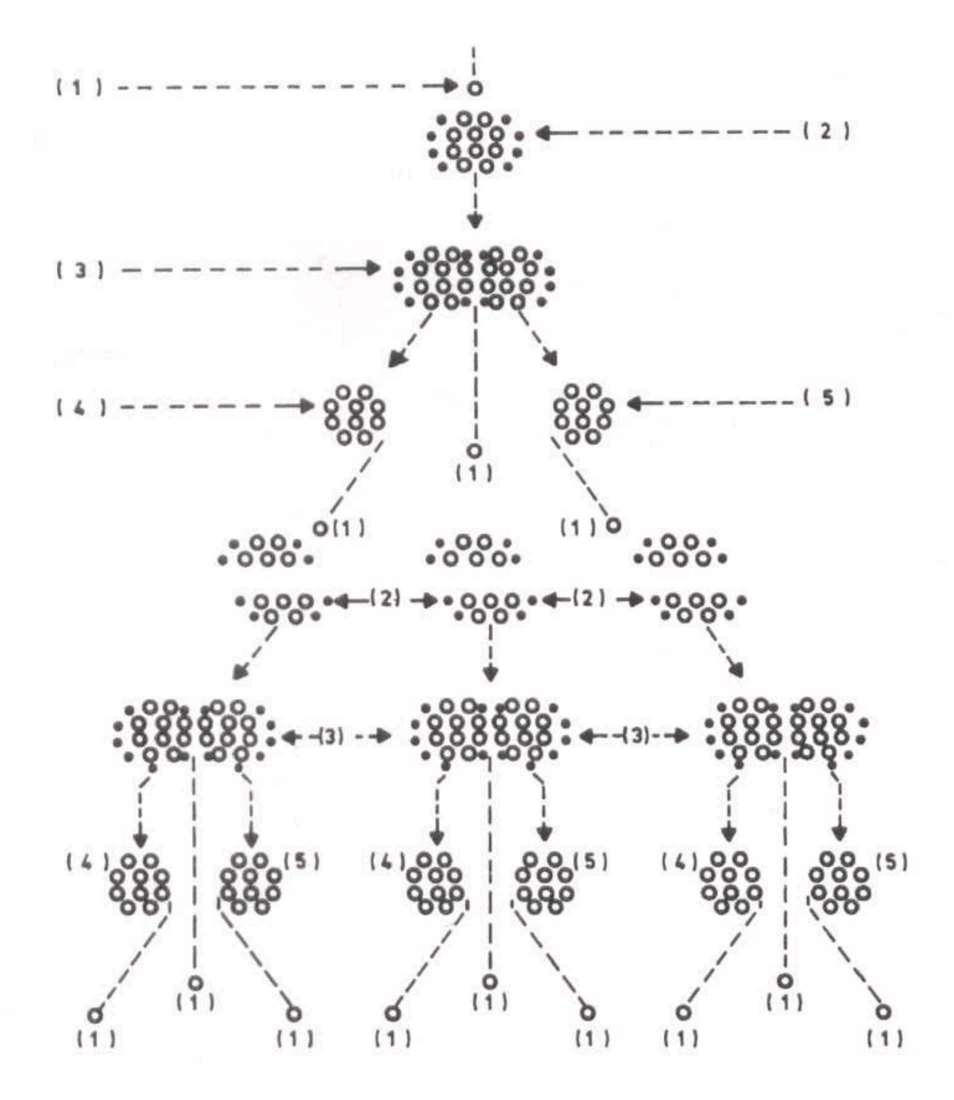
شكل 1-14: آثار الاحتراق علي الانسان من القنبلة الذرية التي ألقيت علي هيروشيما.



شكل 1-15 : القنبلة الذرية التي ألقيت علي هيروشيما



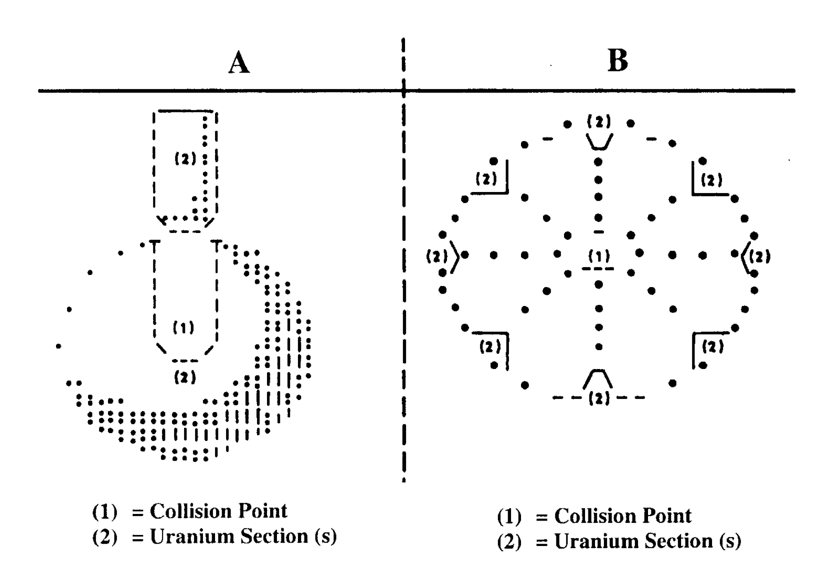
شكل 1-16: نطاقات الدمار الناتجة عن القنبلة الذرية



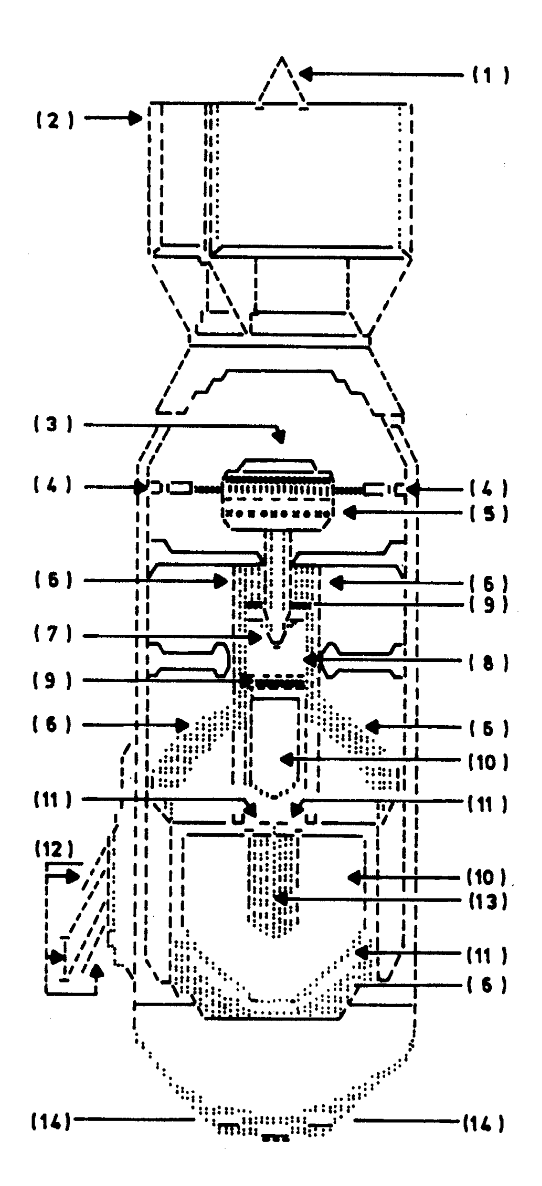
شكل 1-17: التفاعل النووي المتسلسل(Chain Reaction)

(1) نيوترون قادم (2) يورانيوم – 235 (3) يورانيوم – 238

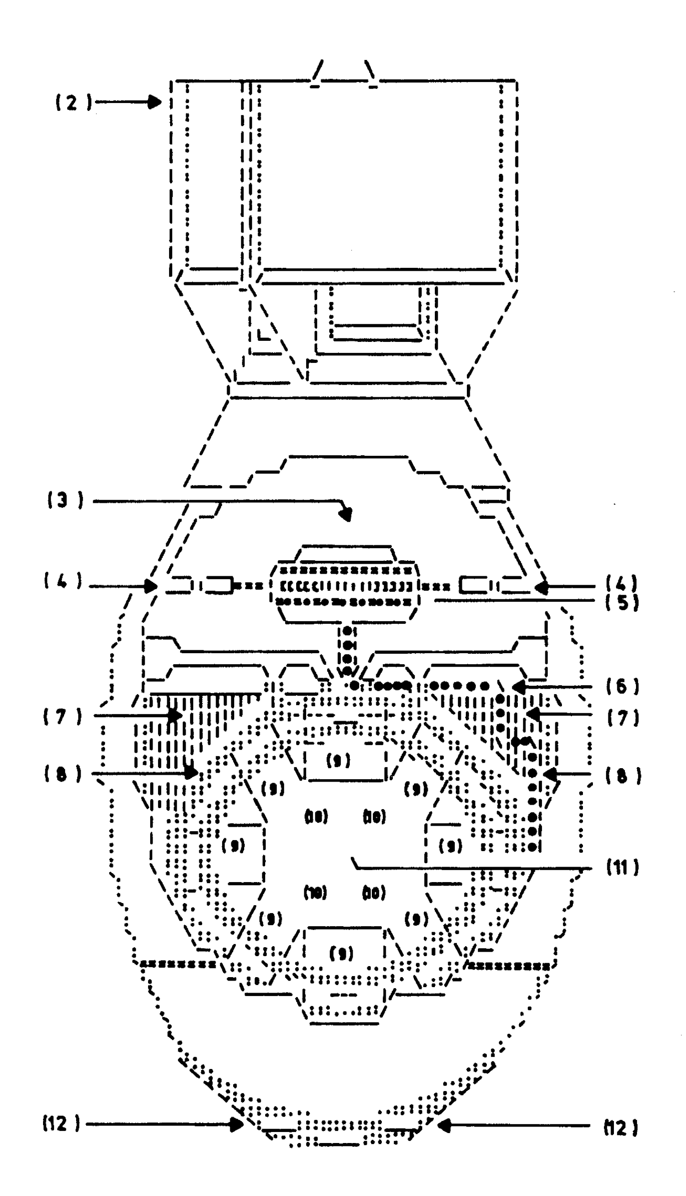
(4) ذرة باريوم (5) ذرة كر يبتون



شكل 1-18: مفجر اليورانيوم (A) والبلوتونيوم (B)



شكل 1-19: رسم لقنبلة اليورانيوم



شكل 1-20: رسم لقنبلة البلوتونيوم

2 : القسم الثاني: معادن وخامات اليورانيوم

2-1: معادن اليورانيوم

إن معادن اليورانيوم المعروفة كثيرة جداً ومتباينة فيما بينها من ناحية الخواص الفيزيائية (اللون ، الصلابة ، الكثافة ، الهيئة البلورية ...) وكذلك في التركيب الكيماوى الذى تصنف بموجبه تلك المعادن إلى مجاميع عديدة مثل الأكاسيد (oxides) ، السلكات(silicates) الفوسفات(phosphates) ، الفانادات (vanadate) ، الكاربونات (carbonate) وغيرها [14].

إضافة إلى تصنيف معادن اليورانيوم على أساس تباين صيغ تركيبها الكيماوى وخواصها الفيزيائية ، فإنها تصنف إعتماداً على منشأها الجيولوجى إلى ثلاثة مجموعات تعتبر الأولى والثانية منها من المجموعات الرئيسية ، أما المجموعة الثالثة فتعتبرأقل أهمية.

(1) المعادن الأولية (2) المعادن الثانوية (3) المعادن الإضافية

2-1-1 : المعادن الأولية Primary Minerals

توجد هذه المعادن بصفة رئيسية فى مصدرين هما:

أ - المعادن ذات المنشأ الصهيرى المتكونة بواسطة السوائل الصهيرية الحارة (Hydrothermal Solutions) مثل الرواسب العرقية (Vein Type Deposits).

ب - المعادن المتكونة مع إندفاعات كتل الصهير الجوفى(Magma) المكونة للصخور النارية

مثل صخور البجماتيت(Pegmatite) وصخور الجراني (Granite) . وتتميز المعـــــــعادن

الأولية بألوانها الداكنة البنية والسوداء وبوزنها النوعى العالى (أكثرمن4) وببريقـــها

المعدنى غير اللماع (Submetallie lustre) . ولا توجد هذه المعادن فى الصخور المنكشفة

القريبة من سطح الأرض المتعرضة لعوامل التجوية والتعرية المختلفة حيث أن تعرضها

لتلك العوامل يحولها إلى معادن ثانوية. ومن أهم هذه المعادن ما يلى :

1 – اليورانينيت : Uraninite

يتكون معدن اليورانينيت من خلـــيط مـــن ثـــانى وثالـــث أوكســـيد اليورانيوم، ويوجد على شكل بلورات مكعبـــة (أشـــكال 2–21 و 2–22 و 2–23). ويكون عادة مع البتشبلند فى العروق والشقوق إضافة الى وجـــوده فـــى صخور البجماتيت، وكذلك فى الصخور الرسوبية مثـــل صـــخور الرصـــيص والحجر الرمـــــلى وتتـــراوح نســـبة الـــــ U_3O_8 مـــن 50 –85 % فـــى اليورانينيت.ويتميز هذا المعدن بلونه الأسود-بنى داكن ووزنه النوعى بـــين 5 ,7 – 10 وذو صـــلادة من 5–6 وله بريق فلزى معتم ومخدشه أسود – بنى.

2 – البتشبلند : Pitchblende

هو من أهم معادن اليورانيوم حيث يعتبر المصدر الرئيسى للإنتاج فـــى الكونغو وكندا وتشيكوسلوفاكيا. ويوجد معدن البتشبلند على شكل خليـــط مـــن ثانى وثالث أوكسيد اليورانيوم (UO_2 +UO_3) والتى تكون بدورها مـــا يعـــرف

بـــــ ($U_3 O_8$) عند تأكسدها والتى تتراوح نسبته من 50 - 80 % فى معـــدن البتشبلند (شكل 2-24).

إن رواسب هذا المعدن لاتظهر فى صيغة بلورية واضحة، فهو يترسب بهيئة بلورية تشبه نبات القرنبيط . (Cauli form) وتوجد أغلــب رواســبه فـــى العروق المتكونة من رواسب السوائل الصهيرية الحـــارة ذات درجـــة حـــرارة وضغط متوسطين. وتكون مصـــاحبة لرواســب معـــادن الفضـــة ، النيكـــل ، الرصاص، الزنك ، البزموث والنحاس، مكونة خامات اليورانيوم عالية التركيز. وقد يكون معدن البتشبلند مصاحبا أيضا لبعض معادن اليورانيوم الثانوية ذات الألوان الزاهية.

أما البتشبلند الموجود فى الصخور الرسوبية مثل صـــخور الرصـــيص (Conglomerates) والحجـــر الرملـــى Sandstone علـــى شـــكل طبقـــى (Stratiform)فإنـــه يكـــون خامـــات منخفضـــة التركيـــز لليورانيـــوم مثـــل (Witwatersrand Conglonerates) الموجودة فى جنوب أفريقيا.

3 - الكوفينيت Coeffinite

يحتوى معدن الكوفينيت على حوالى (46 - 68 %) من سيلكات اليورانيوم اللآمائية ويكون تركيبه الكيماوى U(SiO4) x (OH) x . وهو ذو لـــون إســـود وبريق معدنى ماسى، ويوجد على هيئة حبيبات دقيقة التبلـــور بـــين خامـــات اليورانيوم فى الصخور الرملية والصخور الجيرية ، كما يوجد عادة فى رواسب الفناديوم المختلفـــة. ويتميز هذا المعدن بصلادة 5-6 ووزنه النـــوعى 1 , 5 (شكل 2-25).

4 - دافيديتDavidite

وهذا المعدن يعتبر خليط من الأرضـــيات النـــادرة وأكاســـيد الحديـــد والتيتانيوم واليورانيوم مع كميات متفاوتة من الكروميوم والفانيديوم. وتتـــراوح

نسبة أكسيد اليورانيوم (U_3O_8) بين 7 إلى 10%. ويتميز هذا المعـــدن بلونـــه البنى الداكن إلى الأسود مع لمعان زجاجى إلى شبه معدنى وكثافته النوعيـــة 5 ,4 والصلادة من 5-6. ويوجد خام هذا المعدن فـــى منطقـــة راديـــوم هيـــل باستراليا ومنطقة تيت بموزمبيق شرق أفريقيا (شكل 2-26).

2-1-2: المعادن الثانوية Secondary Minerals

يوجد اليورانيـــوم فـــى معادنـــه الأوليـــة أصـــلاً بشـــكل ربـــاعى التكافؤ U^{+4} (Tetravalent) ويكون قليل أوشحيح الذوبان فى المـــاء والســـوائل الأخرى، وعند تأكسده إلى صيغة التكافؤ السداسى (Hexavalent) U^{+6} يتحـــول إلى عنصر سريع الذوبان وبذلك ينتقل فى المحاليل الأرضية والميـــاه الجوفيـــة والسطحية خلال مسافات كبيرة لحين حصول تغيير آخر فى ظـــروف الوســـط المحيط بحيث تتحول إلى ظروف إختزالية، عند ذلك يختزل اليورانيـــوم إلـــى التكافؤ الرباعى مرة أخرى ويتم ترسيبه ليأخذ شكل معادنه الثانوية.

وتتميز هذه المعادن بألوانها البراقة الزاهية مثل الأصـــفر والبرتقـــالى والأخضر وبوزنها النوعى القليل. وتكون نسبة وجود عنصر اليورانيوم فيهـــا أقل من المعادن الأولية. ومن أهم المعادن الثانوية لليورانيوم نذكر:

1- الكارنوتيت : Carnotite

ويكون تركيبه الكيماوى:$K_2O.\ 2UO_3.\ V_2O_5.\ nH_2O$ ويحتوى على نسبة مئوية تتراوح بين (25 - 65) من أكسيد اليورانيوم ($U_3\ O_8$). ويعتبر هذا المعدن من أهم معادن اليورانيوم الثانوية حيـــث يكـــون حـــوالى 90% مـــن اليورانيوم المستخرج من الخامات الثانوية0 ويوجد هذا المعـــدن علـــى شـــكل مسحوق أصفر مكون من بلورات دقيقة الحجم (شكل 2-27) موجودة فى معظم الصخور الروسوبية مع أكاسيد الحديد والمواد العضوية، وهـــو مـــن المعـــادن واسعة الانتشار فى هضبة الكلورادو بأمريكا. ويتكون هذا المعدن نتيجة تـــأثير

المياه على بعض معادن اليورانيوم والفانيديوم الأولية. ويتميز الكارنوتيت بلون أصفر ليمونى أو أصفر مخضر، ووزنه النوعـــــــى 7 , 4 وذات بريق ترابى - لؤلؤى - حريرى.

2- تيامونيت Tyuyamunite

إن التركيب الكيماوى لمعدن التيامونيت يماثل الكارنوتيت فى تركيبه الكيماوى مع إحلال الكالسيوم محل البوتاسيوم. يحتوى هذا المعدن على حوالى 60% من أكاسيد اليورانيوم (U_3O_8) وبشكل عام فإنه يماثل الكارنوتيـــت فـــى أغلب صفاته ووجوده بالإضافة (أشكال2-28و2-29) إلى تكونه فى شـــقوق الصخور الجيرية والدولوماتية وفى بعض الصخور الطينية. ويوجـــد بكميـــات ضئيلة مع معظم الرواسب وخاصة رواسب الكارنوتيت. وقد أشتق أســـمه مـــن إحدى مدن التركستان.

3- الأوتونيت Autonite

ويتكون من فوسفات اليورانيوم والكالسيوم $CaO.\ 2UO_3.P_2O_5.\ nH_2O$ ويحتوى على نسبة 60% من أكسيد اليورانيوم(U_3O_8) ويتميز بلونه الأصـــفر البراق حيث يوجد على شكل بلورات مستطيلة تلون سطوح المعادن الأخـــرى وكذلك فى جميع خامات اليورانيوم الثانوية ويكـــون منتشـــراً فـــى المنـــاطق الصحراوية (أشكال2-30و2-31).

4- يورانوفين Uranophane

من أكثر المعادن الثانوية إنتشاراً فى المناطق القارية، ويوجـــد فـــى مواقع كثيرة بالصحراء الشرقية بمصر. ويتميز بلونه الأخضر الباهت ويوجـــد على هيئة قشور رقيقة على جدران الفواصل والشقوق والفجـــوات (أشـــكال2-32و2-33)، وتركيبه الكيميائى$CaO.2UO_3.\ 2SiO_2.\ 6H_2O$ وتصل نسبة أكسيد

اليورانيوم فيه الى 65%. ويتكون هذا المعدن نتيجة للتغيرات في المعادن الأولية مثل اليورانينيت والجميت وبعض المعادن الأخرى.

ويوضح شكلي2-34و2-35 صور لمجموعة من عينات معادن اليورانيوم الأولية والثانوية.

2-1-3: المعادن الإضافية Accessory Minerals

توجد هذه المعادن في بعض الصخور بنسب قليلة جداً وهي من المعادن المميزة لتلك الصخور. وغالباً ما تكون معادن ثقيلة، وتحتوى على اليورانيوم والثوريوم بنسب متفاوتة ونذكر منها على سبيل المثال ما يلي :

1- زينوتيم YPO_4 Xenotime

تحوى بلورات هذا المعدن على حوالى5% UO_2 33% و35% UO_3، وتوجد فى محقونات الصخور الحامضية مثل الجرانيت والسيانيت ، وعلى شكل بلورات كبيرة فى صخور البجماتيت، كما يوجد فى عروق المرو المعدنية وبعض الصخور المتحولة والصخور الروسوبية الفتاتية (شكل 2-36و2-37).

2- زركون$ZrSiO_4$

تحتوى بلورات هذا المعدن على حوالى 13% أكاسيد الثوريوم و 3% أكاسيد اليورانيوم بالإضافة على إحتوائه على عناصر أخرى مثل Hf, Y وغيرها. ويوجد معدن الزركون على شكل بلورات صغيرة فى الصخور الحامضية ومجموعة كبيرة من الصخور المتحولة. وكذلك يوجد فى رمال مصبات الأنهار والسواحل البحرية والصخور الرملية بنسب متفاوتة (شكل2-38و2-39).

3- ألانيت Allanite (Ce, Ce, Y) (Al, Fe)$_3$(SiO$_4$)$_3$ (OH)

تحتوى بلورات هذا المعدن على 2% من أكاسيد اليورانيوم و6% من أكاسيد الثوريوم وتوجد بشكل رئيسى فى صخور البجماتيت والجرانيت وبنسبة أقل من الصخور البركانية (شكل2-40) وكذلك فى بعض الصخور الجيرية المتماسة مع كتل الصخور النارية.

4- أباتيت Apatite Ca$_5$ (PO4) $_3$ F$_2$

يوجد نوعان من معدن الأباتيت المشع وهما:

أ - أباتيت الحاوى على العناصر الأرضية النادرة (Rare earth elements). ويوجد فى صخور البجماتيت والسيانيت ويحتوى على نسبة 32% أكاسيد اليورانيوم و15% أكاسيد الثوريوم (شكل2-41).

ب - الفلوروأباتيت الكاربوناتى (Carbonate Fluorapatite) وتحتوى على نسب مماثلة من أكاسيد اليورانيوم والثوريوم. ويوجد هذا المعدن فى الصخور الفوسفاتية المنتشرة فى العالم والمعروفة بشكلها السرئى (Oolitic) المكون من أجسام كروية صغيرة وكذلك بأنواع مختلفة من معدن الكولوفين والفرانكوليت وغيرها (شكل 2-42و2-43).

2-2: خامات اليورانيوم الاقتصادية

يتميز عنصر اليورانيوم بطريقة إنتشاره الواسع فـي مختلـف أنحـاء القشرة الأرضية، فهو يختلف من منطقة إلى أخرى حسب نوع البيئة ونوعيـة الصخور والتاريخ الجيولوجى الخاص بها. ويبلغ متوسط تركيز اليورانيوم فـي القشرة الأرضية إلى حوالى جزأين فى المليون وتنخفض إلى 0٫003 جزء فى المليون فى مياه المحيطات. ورغم هذا المتوسط الضئيل لتركيز اليورانيوم فـي القشرة الأرضية، فإنه أحيان يوجد على هيئة خامات اقتصادية إذا مـا وجـدت الظروف الملائمة لذلك. ووفقا لتطور الفكر العلمـي المـرتبط بتمعدنـات اليورانيوم فقد أمكـن تصنيف الرواسـب العـالمية لخامـات اليورانيـوم المعروفة اعتمادا على خواص تمعدناته وخواصه الجيولوجية إلى خمسة عشـر صنفا [15 & 16] (Red Book :OECD/NEA and IAEA 1999 and 2001) كما يلى:

1: الرواسب المرتبطة بسطوح عدم التوافق Unconformity - related deposits

2: رواسب الصخور الرملية Sandstone deposits

3: رواسب فى رصيص الحصى الكـوارتزى Quartz pebble conglomerate deposits

4: الرواسب العرقية Vein deposits

5: رواسب البريشيا المركبة Breccia complex deposits

6: رواسب المحقونات Intrusive deposits

7: رواسب الفوسفات Phosphorite deposits

8: رواسب البريشيا الأنبوبية Collapse breccia pipe deposits

9: الرواسب البركانية Volcanic deposits

10: الرواسب السطحية Surficial deposits

11: رواسب الصخور تماسية التحول Metasomatic deposits

12: رواسب الصخور المتحولة Metamorphic deposits

13: رواسب الفحم (اللجنيت) Lignite

14: رواسب الطفلة السوداء Black shale deposits

15: الرواسب الأخرى Other types of deposits

ويمكن إيجاز الخواص المميزة لكل نوع من أنواع رواسب اليورانيوم المذكورة على النحو التالى:

1: الرواسب المرتبطة بسطوح عدم التوافق Unconformity - related deposits

يرتبط وجود هذا النوع من رواسب خامات اليورانيوم بمناطق عدم الترسيب والتجوية الرئيسية فى فترة بناء الجبال (Orogenic period) التى عمت الكرة الأرضية قبل ما يقرب من 1600 - 1800مليون سنة. يتمثل هذا النوع من رواسب خام اليورانيوم فى كندا بمناطق (North Saskatchewan, at Gluff lake, Key lake and Rabbit lak) وكذلك فى شمال أستراليا فى منطقة (Alligator Rivers area).

ومن الجدير بالذكر أنه يوجد بعض الرواسب المرتبطة بأسطح عدم التوافق الحديثة بين صخور القاعدة المركبة والغطاء الرسوبى فى بعض المناطق ولكنه لم يثبت وجودها بكميات اقتصادية حتى الآن فى الدول العربية، ورغم ذلك فإنه يجدر الاهتمام بهذا النوع لما له من احتمالات جيدة في بعض الدول العربية مثل مصر والمملكة العربية السعودية وليبيا.

2: رواسب الصخور الرملية Sandstone deposits

إن معظم خامات اليورانيوم الممثلة لهذا النوع موجودة فى الصخور الرملية المكونة من رسوبيات نهرية أو صخور رسوبية بحرية ضحلة (Fluvial or Shallow Marine).أما الصخور الرملية الأخرى (Lacustrine and eolian)

فإنها تحوى نسب قليلة جداً من معادن اليورانيوم. وعادة ما تكون الصخور الرملية المضيفة (Host rocks) مكونة من حبيبات متوسطة إلى كبيرة الحجم وفقيرة التصنيف (Poorly sorted) وحاوية على معدن البايريت (Pyrite) ومواد عضوية من أصل نباتى وغالباً ما توجد هذه الصخور مصاحبة لصخور مكونة من رسوبيات الرماد البركانى (Tuffs).

ويجدر القول بأن رواسب اليورانيوم غير المؤكسدة من هذا النوع تحتوى على معادن اليورانيوم الأولية مثل البتشبلند واليورانينيت، وتكون من نوع الصخور الرملية الكوارتزية والأركوزية (Arkosic and Quartzitic Sandstones) . ونتيجة لعوامل التعرية والتهوية تتكون فى الصخور الرملية معادن اليورانيوم الثانوية مثل الكارنوتيت والتيامونيت ومعدن اليورانوفين. وتجدر الإشارة إلى أن الصخور الرملية الحاوية لمعادن اليورانيوم قد ترسبت فى فترات جيولوجية مختلفة مثلا :

أ - الصخور الرملية المترسبة فى عصور الثلاثى، الجوراسى والترياسى فى منطقة غرب كارولينا فى الولايات المتحدة الأمريكية .

ب - الصخور الرملية لعصور الكريتاسى والبيرميان (Cretaceous & Permian) فى الأرجنتين ومناطق الألب الأوربية.

ج - صخور عصر الكاربونى (Carboniferous) فى النيجر.

د - كذلك تم تصنيف الصخور الرملية لعصر ما قبل الكامبرى (Precambrian) التى تكونت فى بيئات بحرية ضحلة فى الجابون إلى هذا النوع من الخامات.

3: الرواسب فى رصيص الحصى الكوارتزى Quartz pebble conglomerate deposits

إن رواسب اليورانيوم الموجودة فى رصـيص الحصـى الكـوارتزى مرتبطة بفترة جيولوجية محددة. حيث يوجد اليورانيوم فى صـخور الطبقـات المكونة للجزء القاعي من عصر البروتيـروزوك الأسـفل (Basal lower Proterozoic beds). التى ترسبت بشكل عدم توافق على الصخور الجرانيتيـة المتحولة المركبة ، المكونة لصـخور القاعـدة للعصـر الأركـي (Archiean basement). وتوجد خامات اليورانيوم الإقتصادية لهذا النوع فى كل من كنـدا وجنوب أفريقيا. كما تم اكتشاف وجود رواسب شبه إقتصادية من هذا النـوع فى البرازيل.

4: الرواسب العرقية Vein deposits

وفى هذا النوع من الخامات تملأ معادن اليورانيوم منـاطق الضـعف الموجودة فى الصخور مثل الكسور والشقوق والثغرات وغيرها. وتكون أحجام هذه العروق متباينة، فمنها ما يكون كبير الحجم، مثل عروق البتشبلند فى منطقة (Shinkolobwe)فى زائير، ومنها ما يتمثل فى الشـقوق والكسـور الصـغيرة المملوئة بالبتشبلند الموجودة فى أوربا وكندا وأستراليا.

5: رواسب البريشيا المركبة Breccia complex deposits

يتكون هذا النوع مـن ترسـبات اليورانيـوم فـى ظـروف قاريـة (Continental Environment) خـلال عصـر البروتيـروزوك وفـى الفتـرات الخالية من الحركات الأرضية. ويوجد هذا الخـام فـى الصـخور الفتاتية البركانية (Volcanoclasties) والصخور الرسوبية، حيث توجـد معـادن اليورانيوم فى الطبقات التى تغطى صخورالقاعدة الجرانيتية مباشـرة. يشـتمل الخام على طورين مـن أطـوار تمعـدن اليـورانيم ويكـون الأقـدم فيهـا

(Stratabound) واللاحق (Transgressive). يوجد هذا النوع من الرواسب فـــى جنوب استراليا(Roxby Downs deposits)   وفى زامبيا وزائير

6: رواسب المحقونات Intrusive deposits

يضم هذا النوع خامات اليورانيوم الموجودة مع صـــخور الجرانيـــت ، الماجماتيت (Magmatites)، الساينايت البجماتيت ، الكاربوناتيت (Carbonatite) والصخور البركانية. ومن الجدير بالذكر أن أكبر الرواسب المعروفة من هـــذه المجموعة توجد فى ناميبيا (Rossing) ، حيث يوجد خام اليورانيوم مع صخور الجرانيت البجماتيتية وصخور الألاسكيت (Alaskite).

7: رواسب الفوسفات Phosphorite deposits

تحتوى طبقات الفوسفات على تركيزات منخفضة من اليورانيـــوم فـــى الحبيبات الدقيقة لمعدن الأباتيت وغيره من مكونات بقايا بعض الأخياء البحرية. ويصنف اليورانيوم الموجود فى هذا النوع مع مجموعة مصادر اليورانيوم غير التقليدية. ومن أمثلة ذلك: الرواسب المجودة فى فلوريـــدا بالولايـــات المتحـــدة الأمريكية، حيث يستخلص اليورانيوم كناتج ثانوى، هذا بالإضافة إلى الرواسب الهائلة فى بلدان شمال إفريقيا مثل الجزائر والمغرب وتونس ومنطقـــة الشـــرق الأوسط مثل مصر وسوريا والأردن.

8: رواسب البريشيا الأنبوبية Collapse breccia pipe deposits

توجد رواسب هذا النوع على شكل دوائر وأنابيب رأسية ممتلئة بأجزاء من البريشيا. ويتركز اليورانيوم داخل أرضية البريشيا وكـــذلك فـــى نطاقـــات الكسور الدقيقة داخل تلك الأنابيب. وتوجد أمثلة لهذا النوع فى منطقة أريزونـــا بالولايات المتحدة الأمريكية.

9: الرواسب البركانية Volcanic deposits

يتركز هذا النوع من الرواسب على أسطح الوحدات والتراكيب الجيولوجية فى الصخور البركانية. وعادة مايصاحب اليورانيوم فى هذه الرواسب الموليبدنوم والفلوريت وغيرهم. ومن أمثلة هذا النوع الرواسب الموجودة فى (ميشلين) بكندا، (ونوبال – II) فى (شىهوهو) بالمكسيك، (ماكوسا) فى بيرو، وكذلك يوجد العديد من هذه الواسب فى الصين وغيرها.

10: الرواسب السطحية Surficial deposits

يمكن تعريف رواسب اليورانيوم السطحية بصورة عامة على أنها صخور رسوبية حاوية لليورانيوم تتراوح أعمارها بين العصر الثلاثى والوقت الحديث (Tertiary to Recent) وغالبا ما توجد هذه الصخور بأماكن قريبة من سطح الأرض وتكون درجة تماسكها ضعيفة.

إن رواسب اليورانيوم المصاحبة لصخور الكالكريت (Calcrete) الموجودة فى أستراليا ، ناميبيا والصومال وفى المناطق شبه الجافة - Semi) arid)تعتبر من الرواسب التى تتبع هذا النوع.

11: رواسب الصخور الميتاسوماتية Metasomatic deposits

يندرج تحت هذا النوع رواسب اليورانيوم الموجودة فى الصخور القاعدية الميتاسوماتية مثل (الألبيتيت، إجيرنيت)، وصخور الأمفيبول القاعدية، وعادة ماتوجد هذه الصخور على هيئة محقونات فى الصخور الجرانيتية. ومن أمثلة هذا النوع: رواسب (أسبنهاراس) فى البرازيل، (روسآدمز) فى ألاسكا بالولايات المتحدة الأمريكية، بالإضافة إلى رواسب (زلتى فودى) فى منطقة (كريفوى روج) فى أكرانيا.

12: رواسب الصخور المتحولة Metamorphic deposits

توجد رواسب اليورانيوم الخاصة بهذا النوع فى الصخور الرسـوبية أو البركانية المتحولة وبدون وجود ظواهر مباشرة تدل على حدوث التمعدنات بعد عملية التحول. ومن أمثلة هذا النوع الرواسب التى توجد فى (فورستاو) بالنمسا.

13: رواسب الفحم (اللجنيت) Lignite

تصنف الرواسب التابعة لهذا النوع عموما ضمن مصـادر اليورانيـوم الغير تقليدية التى توجد فى اللجنيت وفى الطفلة وفى الحجر الرملـى المتـاخم للجنيت. ومن أمثلة هذا النوع: رواسب اليورانيوم الموجودة فى (سيريز بيزن) فى اليونان، كما أنها موجودة أيضا فى شمال وجنوب داكوتا بالولايات المتحـدة الأمريكية.

14: رواسب الطفلة السوداء Black shale deposits

يوجد تركيزات ضئيلة من اليورانيوم فى الطفلة البحريـة الكربونيـة، وتعتبر هذه الرواسب من مصادر اليورانيوم الغير تقليدية. ومن أمثلة هذا النوع رواسب الطفلة التى تحتوى على الشبة فى السويد، وطفلة كاتانوجا بالولايـات المتحدة الأمريكية. وتتبع هذا النوع أيضا الصخور الأرجيليتية - الكربونيـة - السليكاتية الحبيبية التى تمثل رواسب (شانزبنج) فى منطقة جـوانجى بالصـين ورواسب (جيرا-روننبرج) فى الجزء الشرقى من ألمانيا.

15: أنواع أخرى من الرواسب Other types of deposits

وتشمل جميع رواسب اليورانيوم الأخرى التى لم يتم تصنيفها مع أحـد الأنواع الخمسة عشر السابقة. ومن أمثلة هذا النوع رواسب اليورانيوم الموجودة فى الحجر الجيرى (تودلتو) الجوراسى فى منطقة (جرانتس) بنيومكسيكو فـى الولايات المتحدة الأمريكية.

2-3: مصادر اليورانيوم العالمية

2-3-1: مقدمه

لقد أدت عمليات التنقيب الفعال والنشط إلى إكتشاف وتنمية العديد من رواسب خامات اليورانيوم فى العالم، خاصة فى الولايات المتحدة الأمريكية وكندا وأستراليا وجنوب إفريقيا والاتحاد السوفيتى (سابقا) وفى الصين. ونظراً لأن بيانات رواسب اليورانيوم،وخصوصاً مصادره وإحتياطياته ، أعتبرت من المعلومات السرية، فإن المعلومات الدقيقة غير متاحة بالنسبة إلى مجموعة دول الإتحاد السوفيتى (سابقا) والصين ودول أوربا الشرقية (المجر، تشيكوسلوفاكيا، بولندا ، رومانيا وبلغاريا). ويقترن تقدير احتياطيات العالم من خامات اليورانيوم بالعوامل المتغيرة التالية:

- فترة زمنية محددة (خمس أو عشر سنين).
- المعلومات المتاحة (من الدول أو الشركات والهيئات العاملة فى هذا المجال).
- معدل الإستكشاف خلال تلك الفترات الزمنية. ويجدر القول أنه بسبب الإستراتيجيات الخاصة والوضع السياسى لليورانيوم ، فإن إحتياطيات خام اليورانيوم فى العالم لا يمكن معرفتها معرفة كاملة أو دقيقة.

لقد صنفت أنواع إحتياطيات اليورانيوم ، طبقاً لمعدل الثقة فى دقة التقدير، إلى فئات عديدة. هذا بالإضافة إلى وجود أنظمة مختلفة فى الدول أو الشركات العاملة فى حقل استكشاف اليورانيوم (شكل 2-44). وقد اخترنا المصدر الأكثر وثوقاً فى التقدير (شكل2-45) الذى توصلت اليه الدراسات المعدة من قبل فريق العمل الذى يهتم بهذا الموضوع والتابع لوكالة الطاقة النووية (NEA) والذى ترعاه منظمة التعاون الإقتصادى والتنمية (OCED) بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA): وهو الكتاب الأحمر [15] .

وقد اعتمدت تقديرات مصادر اليورانيوم على تكاليف الإنتاج والتى تم تقسيمها الى ثلاثة أصناف كما يلى:

1- أقل من 80 دولار / كجم يورانيوم.
2- بين 80 – 130 دولار/ كجم يورانيوم.
3- وبين 130 – 260 دولار / كجم يورانيوم.

وتدخل فى حسابات تكاليف الإنتاج التقديرية عوامل عديدة نذكر منها مايلى:

- تكلفة الأعمال المنجمية والنقل ونوع التقنية المستعملة فى معاملة خام اليورانيوم
- تكلفة معاملة الفضلات المشعة والتأثيرات البيئية
- تكلفة صيانة وحدات الإنتاج غير العاملة
- تكلفة تجهيز وحدات إنتاج جديدة
- التكاليف غير المباشرة مثل تكلفة الأعمال المكتبية والضرائب وغيرها.

كذلك تم تقسيم مصادر اليورانيوم إلى أصناف تعكس مستويات الثقة فى كميات اليورانيوم الممكن إنتاجه والمصرح بها والمعبر عنها بالأطنان المترية من اليورانيوم القابل للإستخلاص من خامات يمكن استخراجها (minable ores)، وليس بصيغة أوكسيد اليورانيوم (U_3O_8) حيث يكون (1 short ton U_3O_8 = 0,769 tones U) ولقد تم تعريف هذه المصادر كما يلى :

مصادر معقولة التأكد (م م ت) Reasonably Assured Resources (R. A. R)

وتعنى كمية اليورانيوم الموجودة فى رواسب معدنية ذات مرتبة مقيمة ، يكون فيها حجم الخام معروف وموضح بدقة بواسطة شكل محدد ثلاثى الأبعاد. إن كمية اليورانيوم القابل للإستخلاص تكون ضمن التكلفة الإعتيادية السائدة فى السوق والتى تتضمن تكلفة الأعمال المنجمية وتكاليف تقنيات معالجة الخام حسب المواصفات المطلوبة. ويكون تقدير الطنية ومرتبتها (Tonnage and

(grade معتمدة على قياسات أبعاد وخواص الخام والتى تعكس درجة عالية من التأكد والثقة.

مصـــــادر مقـــدرة إضـــافيـــة - صنــــف I (م م إ-1)

Estimated Additional Resources - Category I . (EAR-I)

وتمثل كمية اليورانيوم الموجود إضافة إلى ما ورد فى صنف (م م ت). يعتمد هذا الصنف على أساس الإثباتات الجيولوجية لامتدادات الرواسب المستغلة والمعروفة جيداً. أو على رواسب تم تأكيد إمتدادها الجيولوجى ، ولكن دراسات خواص الخام فيها ليست بدرجة عالية من الوثوق بحيث يمكن إعتباره من نوع مصادر المعقولة التأكد.

مصـــادر مقـــــدرة إضـــافية - صنـــــف II (م م إ-II)

Estimated Additional Resources - Category II . (EAR- II)

ويتضمن هذا الصنف مصادر اليورانيوم المتوقع وجودها فى رواسـب تكون الإثباتات الجيولوجية فيها غير مباشرة ، ولكنها ذات خواص جيولوجيـة تماثل الخواص الجيولوجية لمناطق تعدينية معروفة ، وتكون حسـابات الطنيـة وتكاليف الإستخراج فيها مبنية على المعلومات المستوفاة من الخامات المدروسة دراسة جيدة، ولذلك فإن التقديرات لهذا الصنف تكون أقل وثوقاً من التقـديرات المعتمدة لصنف مصادر مقدرة إضافية - صنف I (م م إ-I.).

المصـــادر التخمينيـــة (م ت) Speculative Resources

ويقصد بها اليورانيوم المحتمل وجوده إضافة إلى ما ورد فى الأصناف السابقة ، ويمثل خامات اليورانيوم الممكـن الكشـف عنهـا بواسـطة طـرق الإستكشاف المعروفة حاليا. ولذلك فإن تعيين مواقع رواسب اليورانيوم فى هذا الصنف يمكن تخمينها فى مناطق ذات مواصفات جيولوجية ملائمة، وكما هـو واضح من إسم هذا الصنف ، فإن وجود وأحجام هذه المصادر تقـيم بصـورة

تخمينية. وبعد الانتهاء من تعريف مصادر اليورانيوم المختلفة وما هو مقصـــود بكل نوع من أنواعها، فقد تم تقسيم هذه المصادر إلى الفئات التالية :

2-3-2: المصادر التقليدية المعروفة وتتضمن:

2-3-2-1: مصادر معقولة التأكد (م م ت)

2-3-2-2: مصادر مقدرة إضافية – صنف I(م م إ – I)

2-3-2-3: مصادر تقليدية معروفة ذات تكلفة أعلى

2-3-3: المصادر التقليدية غير المكتشفة وتتضمن:

2-3-3-1: مصادر مقدرة إضافية – صنف II (م م إ – II)

2-3-3-2: مصادر تخمينية (م ت)

2-3-4: المصادر غير التقليدية والثانوية

2-3-2: المصادر التقليدية المعروفــة Known Conventional Resources

إن مصادر اليورانيوم التقليدية المعروفة تشتشتمل على مصادر معقولة التأكد (م م ت) ومصادر مقدرة إضافية – صنف I (م م إ – I) فـــى أنـــواع المخزون التقليدى الممكن استخلاصها بتكاليف تصل الـــى 130 دولار / كجـــم يورانيوم.وتعرف المصادر معقولة التأكد (م م ت) بأنهـــا الخامـــات الممكـــن إستخلاصها بأسعار السوق السائدة ، وقد تشكل فى الوقت الحاضر جزءآ مهمـــا من ال (م م ت) الممكن إستخلاصه بتكـــاليف تصـــل إلـــى 80 دولار / كجـــم يورانيوم.

إن المصادر المعروفة لأغلب الأقطـــار ومـــن ضـــمنها الأرجنتـــين ، استراليا، كندا ، فرنسا ، الهند ، ناميبيا ، جنوب إفريقيـــا والولايـــات المتحـــدة الأمريكية تعتبر من المصادر الممكن إستخلاصها. أما بالنسبة للجزائر وإسبانيا فقد وصفت مصادرها بأنها قابلة للتعدين.

2-3-3: المصادر التقليدية غير المكتشفة (Undiscovered Conventional Resources)

تشمل هذه المجموعة كلاً من المصادر المقدرة الإحتياطية الصنف 2 (م م إ – 2) والمصادر التخمينية (م ت) ، ومع ذلك فمن المهم التأكيد على التفريق بين هذين النوعين من المصادر غير المكتشفة . إن المقصود بـ (م م إ – 2) هو اليورانيوم المتوقع وجوده فى ظروف جيولوجية مناسبة تحتوى على رواسب معلومة أو على مناطق تمعدن معروفة ، بينما المقصود بالمصادر التخمينية (م ت) هو اليورانيوم الذى يعتقد بأنه موجود فى مناطق جيولوجية ملائمة غير مستكشفة نسبياً . لذلك من الممكن الوثوق بدرجة أكبر بتقديرات الـ (م م إ – 2) لقربها أو لارتباطها الوثيق برواسب معلومة المواصفات تماماً. ومن الجدير بالذكر أن تقديرات المصادر التخمينية تتراوح بين 6و9 إلى 1 ,12 مليون طن يورانيوم في العالم.

2-3-4: المصادر غير التقليدية والثانوية Unconventional And By-product Resources

يتم فى الوقت الحالى استغلال المصادر غير المألوفة والثانوية لاستخلاص اليورانيوم فى عدد محدود من البلدان ، وباستثناء رواسب الفوسفات البحرية يمكن القول بأن جميع هذه المصادر لا يتوقع منها توفير كميات كبيرة من اليورانيوم فى المستقبل المنظور. وتشتمل هذه المصادر على الأنواع التالية:

1- اليورانيوم الناتج عن رواسب الفوسفات البحرية ، هو المورد الأكثر أهمية للإنتاج فى هذه المجموعة ، فعلى سبيل المثال نلاحظ بأنه قد تم الحصول على اليورانيوم بكميات هامة (حوالى2000 طن خلال عام 1988) كاستخراج ثانوى ومصاحب لحامض الفوسفوريك ، وذلك من خلال كميات كبيرة من رواسب الفوسفات البحرية فى الولايات المتحدة الأمريكية.

وكذلك فإن بلجيكا قد تمكنت من استخلاص اليورانيوم كعملية مصاحبة لإنتاج حامض الفوسفوريك من الفوسفات المستورد.

أما المغرب الذى بحوزته كمية كبيرة من صخور الفوسفات ، فقد أورد أن لديه مخزون يزيد على 6 مليون طن من اليورانيوم وبمعدل (120 جزء بالمليون). إضافة لذلك فإن كلاً من الأردن والمكسيك وسوريا قد صرحت بوجود مصادر من اليورانيوم بكميات هامة فى فوسفاتها.

2- اليورانيوم الموجود فى صخور الطفل الأسود البحرية (Marine black shales) والذى تم اعتباره كمصادر معقولة التأكد (م م ت) تساوى تكلفة استخلاصه بين 80 - 130 دولار / كجم يورانيوم 130-260 دولار / كجم يورانيوم فى كل من كوريا الجنوبية والسويد ، فى حين أن فنلندا أدرجت اليورانيوم الموجود فى هذا النوع من الصخور كمصادر غير تقليدية .

3- اليورانيوم الموجود مع خامات المعادن غير الحديدية كما فى شيلى والهند وبيرو، وفى بعض الحالات - كما هو الحال فى الهند والولايات المتحدة الأمريكية يتم إنتاج اليورانيوم كعملية مصاحبة لاستخراج النحاس.

4- أما فى جنوب إفريقيا فإن إنتاج اليورانيوم يتم فيها كناتج مصاحب لعملية إستخراج النحاس والمعادن الأخرى فى منطقة (Palabora Carbonatite Complex) . وتقدر هذه الدولة مصادر اليورانيوم المعقولة التأكد دون سعر 80 دولار / كجم يورانيوم والمصادر المقدرة الإضافية ما بين 80 - 130 دولار / كجم يورانيوم فى تلك المواقع بحوالى 5200 و 1600 طن يورانيوم على التوالى . علاوة على ذلك توجد 4300 طن يورانيوم احتسبت كمصادر مقدرة إضافية - صنف 2 الممكن استخلاصها بتكاليف تصل إلى 130 دولار /كجم يورانيوم .

2-4: إنتاج اليورانيوم فى العالم

يرتبط إنتاج اليورانيوم العالمى بمدى الحاجة إليـــه والكميـــة المطلوبـــة والتي يصعب تقديرها وذلك حسب الغرض التي تســتخدم فيـــه، ســـواء فـــى الأغراض العسكرية أو المدنية المتمثلة أساسا فى برامج إنتاج الطاقة الكهربيـــة وتحلية المياه المالحة. وترجع صعوبة تقديرالكميات المطلوبة مـــن اليورانيـــوم إلى صعوبة التنبؤ بعوامل معينة كالعوامل التالية :

- النمو الإقتصادى بصورة عامة، مقاساً بالنسبة المئوية للإنتـــاج المحلـــى الإجمالى: Gross Domestic Product (GDP) المعتمد بنفسه لحد ما على مدى توفر الطاقة.
- كمية الطاقة المستعملة للقطاعات الإقتصادية المتعددة فى أقـــاليم العـــالم المختلفة والتى تعطى مع الإنتاج المحلى الإجمالى، مقياساً للطلب علـــى الطاقة.
- مرونة الطلب على الطاقة الكهربائية، فيما يتعلق بالنمو الإقتصـــادى ، والذى يعد مقياســـآ لمقدار ما يمكن توفيره من هذه الطاقة، وكمثال على ذلك مقاييس لترشيد الإستهلاك من ناحية والتحول من الصناعات الثقيلة إلى صناعات التقنية العالية من الناحية الأخرى.
- نسبة الطلب على الكهرباء فى أسواق الطاقة.
- نسبة الطلب على الطاقة النووية فى سوق الطاقة الكهربائية، ومـــن ثـــم مدى إمكانيةإحلالها لتوليد الكهرباء كبديل للوسائل التقليدية الأخرى.
- مدى كفاءة وقود اليورانيوم فى أنماط المفاعلات المختلفة.
- مدى إستخدام اليورانيوم و / أو البلوتونيوم المكرر فى المفاعلات.

- مدى سرعة إدخال مفاعلات الولود السريع (Fast Breeder) حيز العمل.

بالإضافة إلى ذلك يمكن الإقرار بأن مدى قبول الرأىالعام لإستخدامات الطاقة النووية فى السنوات القليلة الماضية قد شكل عاملاً معيقاً فى تطور هذا الميدان، وكان مسؤولاً فى بعض البلدان عن التباطؤ فى تنفيذ برامج الطاقة النووية وخاصة بعد حادث تشيرنوبل فى إبريل عام 1984 .

ومن الصعوبة بمكان التنبؤ فيما إذا كان سيحدث فى المستقبل قبولاً أوسع من الرأى العام لاستخدامات الطاقة النووية. هذا بالرغم من أن العديد من الجهود تبذل حالياً لكسب ثقة الرأى العام فى تلك الإستخدامات.

ومن الجدير بالذكر أن الفترة بين عامي 1965 إلى 1975م قد شهدت تحولا فى عدد متزايد من الأقطار من البرامج العسكرية إلي برامج إنتاج الطاقة النووية للأغراض المدنية. ويلاحظ أن حجم الإنتاج قد شهد بعض الاضطرابات خلال تلك الفترة، حيث وصل الإنتاج السنوى لليورانيوم فى عام 1966 إلى 15300 طن ، وقد زاد هذا الانتاج إلى 20000 طن يورانيوم خلال عام 1972 (15، 16 & 17).

ويختلف إنتاج اليورانيوم من دولة إلى أخري وذلك حسب احتياجات برامجها النووية أو السوق العالمي. وتعتبر الولايات المتحدة الأمريكية المنتج الأكبر خلال الفترة من 1965 إلي 1975م. وقد بلغ إنتاج الولايات المتحدة الأمريكية من اليورانيوم قبل عام 1970 إلى 142800 طن يورانيوم، أي مايقرب من 50% من الإنتاج العالمى خلال تلك الفترة والذي وصل إلي حوالي 336610 طن يورانيوم (جدول 2-1). أما كندا وجنوب أفريقيا فقد بلغ إنتاجهما من اليورانيوم بالتتابع إلي حوالي 19% و 15% من الإنتاج العالمى خلال تلك الفترة وتجدر الإشارة إلى أن مصدر معظم اليورانيوم المنتج خلال تلك الفترة

كان من مناجم صغيرة ذات خامـــات منخفضـــة التركيـــز (Small low grade uranium mines) .

وقد شهد إنتاج اليورانيوم زيادة سريعة خلال الفترو مـــن 1975 إلـــي 1985م والذي وصل إلي 44200 طن يورانيوم سنويا، وذلك لمواكبـــة النمـــو السريع في إنتاج الطاقة النووية. وقد ظهرت خلال تلك الفترة العديد من المناجم الإنتاجـــية في بقاع عديدة من العـــالم من نـــوع المناجـــم المكشوفـــــــة (Open pit mines) ، وبطاقات إنتاجية عالية، نـــذكر منهـــا: مـــنجم (روســـنج Rossing) في ناميبيا (عام 1976) بطاقة إنتاج سنوية تقدر بحوالي 4000 طن يورانيوم، ومنجم (رانجر Ranger) في استراليا (عـــام 1981) بطاقـــة إنتـــاج سنوية تقدر بحوالى 2500 طن يورانيوم، ومنجم (رابيت ليك Rabbit Lake) في كندا (عام 1975) بطاقة إنتاج سنوية تقدر مابين 1300-2400 طن يورانيوم.

بالإضافة إلي ماتقدم، فإن العديد من المنـــاجم ذات الخامـــات العاليـــة التركيز بدأت الإنتاج بمعدلات تتراوح بين 1300 إلي 1500 طـــن يورانيـــوم سنويا مثل منجم (نابارلك Nabarlek)باستراليا (1980)، ومنجم (كولوف ليـــك Culuff lake) في كندا (1980). ولقد كان تأثير ذلك واضحا في نمو الإنتـــاج، فقد وصل إنتاج كندا عام1980 إلي حوالي 7150 طن يورانيوم، أما الولايـــات المتحدة الأمريكية فقد وصل إنتاجها عام 1980 إلي 16800 طن يورانيوم. وقد ساعد علي تحقيق ذلك النمو في إنتاج اليورانيوم البدأ في إنتاج اليورانيوم مـــن المناجم الصغيرة التقليديـــة بالإضـــافة إلـــي اســـتخلاص اليورانيـــوم موقعيـــا بواسطـــــة الغسيـــــل (In Situ Leaching)، وكذلك اســـتخلاص اليورانيـــوم كعنصر مصاحب بطريقة مكثفة. وفي الوقت نفسه لوحظ أن جنوب أفريقيا قـــد زادت انتاج اليورانيوم المصاحب من 2500 إلي أكثر من 6000 طن يورانيوم سنويا، أما فرنسا فقد زاد إنتاجها بمعدل أكثر من 300 طن سنويا حتي وصـــل معدل إنتاجها السنوي إلي 2600 طن عام 1980 (جدول 2-1).

وقد شهدت الفترة من 1980 حتي 1985 انخفاضا في إنتاج اليورانيوم السنوي بحوالي 9400 طن يورانيوم، حيث كان إنتاج اليورانيوم 44243 طن عام 1980 ووصل في عام 1985 إلي 34874 طن يورانيوم (جدول 2-1). وقد حدث هذا بالرغم من أنه عام 1981 قد بدأ العمل في منجم من أكبر مناجم اليورانيوم في العالم وهو منجم (كي ليك Key lake) بكندا حيث بلغت طاقته الإنتاجية السنوية4600 طن يورانيوم. كما شهد العالم نفسه تطوير منجم (رانجر Ranger) وزيادة طاقته الإنتاجية إلي3200 طن يورانيوم سنويا. ولكنه في المقابل فإن بعض الدول مثل الجابون والنيجر وجنوب أفريقيا وناميبيا قد انخفض إنتاجها بحجم كلي يصل إلي 3000 طم يورانيوم سنويا.

ومنذ عام 1985 حتي عام 1990 شهد إنتاج اليورانيوم زيادة طفيفة تقدر بحوالي 2000طن يورانيوم سنويا، وقد حافظ علي مستوي مستقر نوعا ما مع بعض التذبذبات الطفيفة. ولعل إحدي التطورات الهامة في إنتاج اليورانيوم خلال تلك الفترة هو تحول الاهتمام التدريجي من إنتاج اليورانيوم من خاماته قليلة التركيز الموجودة في أمريكا وجنوب أفريقيا إلي إنتاج اليورانيوم من خاماته عالية التركيز الموجودة في غرب كندا واستراليا والتي تنتمي إلي نوع :

High grade,unconformity related uranium deposits

وخلال الفترة من 1990 حتي 1995 شهد إنتاج اليورانيوم ثباتا ملحوظا في الكميات المنتجة. وبداية من عام 1995 وحتي عام 2000 بدأ إنتاج اليورانيوم ينقص بطريقة ملحوظة حيث بلغ النقص حوالي 5000 طن يورانيوم في عام 2000 عن ما كات عليه في عام 1995 (شكل 2-46)، ويتوقع أن ينقص إنتاج اليورانيوم بحوالي نفس الكمية في عام 2005، ويوضح الشكل رقم: 2-47 توقعات التغير في إنتاج اليورانيوم علي المدي القصير. أما علي المدي الطويل، فإنه من المتوقع أن ينقص إنتاج اليورانيوم بشكل ملحوظ خلال الفترة من عام 2000 وحتي عام 2030 حيث يصل إلي حوالي 2500، 3000

طن يورانيوم بتكلفة إنتاج 80 دولار ، 80-130 دولار للكيلوجرلم من اليورانيوم علي التوالي (شكل 2-47). ويوضح الشكل 2-48 التغيرات في انتاج اليورانيوم والمطلوب منه خلال الفترة من 1988 حتي 1999[15].

أما عن أسعار اليورانيوم فقد ارتفعت بطريقة عالية في أواخر السبعينات حيث وصل سعر الكيلوجرام من اليورانيوم إلي حوالي 120 دولار أمريكي. ثم بدأ يهبط في عام 1980 إلي حوالي 80 دولار أمريكي، ثم وصل في عام 1985 إلي حوالي 40 دولار أمريكي. وبدأت أسعاره منذ عام 1989 في التدهور حيث وصلت إلي حوالي 25 دولار أمريكي، ووصلت في عام 1992 إلي إلي حوالي 20 دولار أمريكي (شكل 2-49). وبدأت تزدهر أسعار اليورانيوم خلال الفترة من 1994 حتي منتصف 1996. فمنذ أن وصل أعلي سعر لليورانيوم إلي حوالي 43 دولار أمريكي للكيلوجرام من اليورانيوم في يوليو 1996 بدأ ينقص السعر إلي النصف تقريبا، حيث وصل إلي 22 ,75 دولار أمريكي للكيلوجرام من اليورانيوم في ديسمبر 1998. ثم بدأ السعر في الارتفاع إلي 30 , 27 دولار أمريكي للكيلوجرام من اليورانيوم في يناير 1999. وفي يوليو 1999 هبط السعر ثانية إلي 26, 52 دولار أمريكي للكيلوجرام من اليورانيوم.

ومن الجدير بالذكر أن تكاليف استكشاف اليورانيوم ترتبط إلي حد كبير بأسعاره، فقد بلغت تكاليف استكشاف اليورانيوم في عام 1997 حوالي 153 مليون دولار أمريكي وذلك حسب التقارير المقدمة من 24 دولة إلي الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وذلك يمثل زيادة بحوالي 37% عن نفقات الاستكشاف في عام 1996. أما في عام 1998 فقد بلغت تكاليف الاستكشاف لعدد 20 دولة حوالي 8, 131 مليون دولار أمريكي.

وتتمشى الزيادة في نفقات استكشاف اليورانيوم من عام 96 إلى عام 97 مع الزيادة في سعر السوق خلال الفترة من 94 إلى 97. وقد نتجت الزيادة

في نفقات استكشاف اليورانيوم عن الأنشطة المرتبطة مع المشروعات المتقدمة في كندا واستراليا والولايات المتحدة الأمريكية ، وروسيا الفيدراليــة والهنــد. وتوضح التقارير المقدمة من الدول أن أنشطة الاستكشاف والنفقات المرتبطـــة بها قد تقلصت من عام 1997 إلي عام 1998 ومع ذلك، ففي بعــض البلــدان أوضحت التقارير زيادة طفيفة في نفقات الاستكشاف. وتوضح التقارير المقدمة من كثير من الدول توقع نقص في نفقات الاستكشاف. وحاليا ، فـــإن معظـــم أنشطة استكشاف اليورانيوم تتركز في كندا والولايات المتحدة وروسيا والهنـــد وروسيا الفيدرالية وأوزباكستان، وإلى حد بسيط في مصر وأوكرانيا وفرنســـا ورومانيا.

جدول رقم (2-1): إنتاج اليورانيوم في العالم (طن يورانيوم)

البلد	قبل عام 1970	1970	1980	1985	1988	المجموع/ 1988	المتوقع/ 1989
الأرجنتين	79	45	187	126	142	1972	d150
استراليا	7546	254	1561	3206	3532	40848	3800
بلجيكا			20	40	40	350	40
البرازيل				d115	0	d782	d0
كندا	85200 b	3520	7150	10880	12400	220200	11000
فنلندا	30					30	d 0
فرنسا	14100	1250	2634	3189	3394	59369	3190
جابون	3460	400	1033	d940	930	18646 d	950d
ألمانيا الاتحادية	108C	28	35	30	38	681	30
الهند	1000	200	200	200	200	4800	200
اليابان	2	1	5	7	0	87	0
المكسيك	42					42	0d
ناميبيا			4042	3400D	3600	42539d	3600d
النيجر			4128	3181	2970	45100	3000d
باكستان			30	30	30	540	30
البرتغال	1364	66	82	119	144	3269	150
جنوب افريقيا	55046	3167	6146	4880E	3850d	d 134620	2900d
أسبانيا	55	51	190	201	228	2951	216
السويد	178	14				200	0
الولايات المتحدة الأمريكية	142800	9900	16800	4300	5050	325250	4600
يوغسلافيا				30	80	241	85
زائير	25600					25600	0
المجموع	336610	18896	44243	34874	36628	928117	33941d

a – اليورانيوم من الفوسفات المستورد   b – لا توجد معلومات قبل عام 1938

c – بالإضافة إلى 120 طناً من يورانيوم من مصدر خارجى   d – تقديرات السـكرتارية

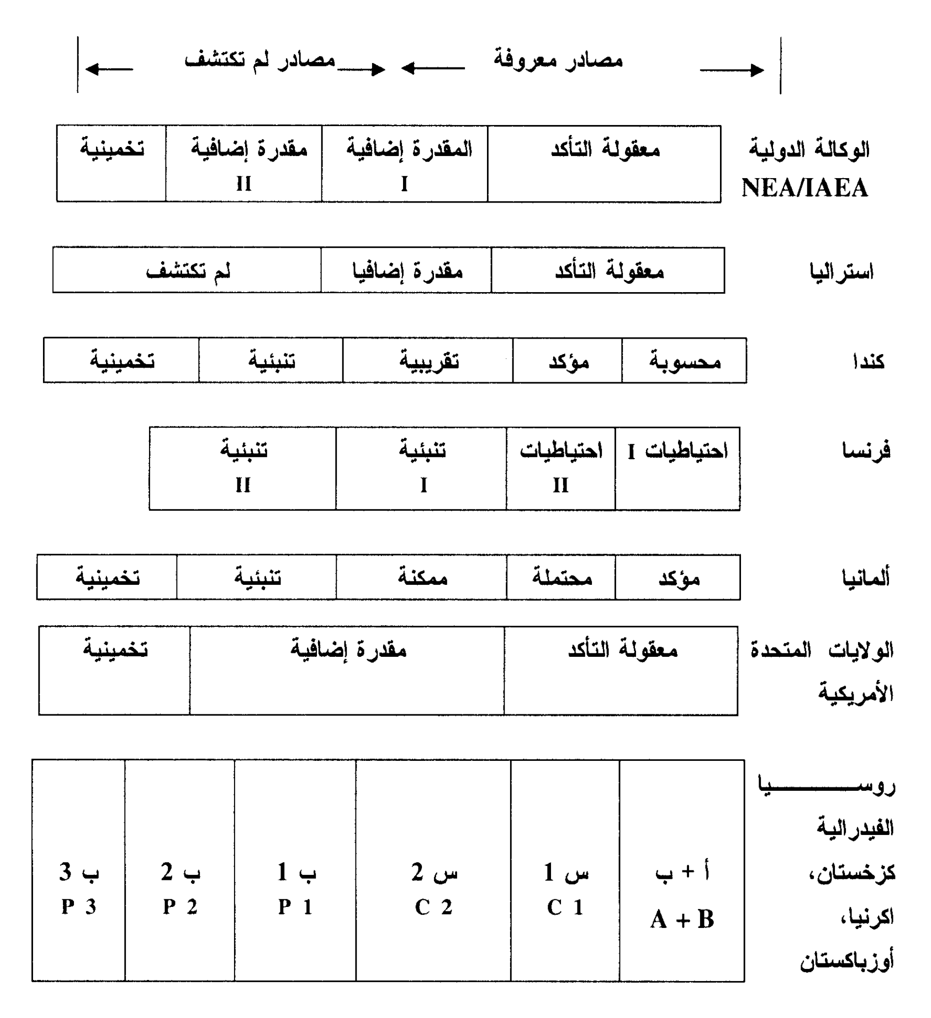
e – اليورانيوم فى جنوب أفريقيا 1985.

نقص الجدوى الاقتصادية

تكاليف الإنتاج				
$130 فأكثر كجم / يورانيوم	مصادر معقولة التأكد	مصادر مقدرة إضافية I (م م إ)	مصادر مقدرة إضافية II	مصادر تخمينية (م ت)
$ 130 – 80 كجم / يورانيوم	مصادر معقولة التأكد	مصادر مقدرة إضافية I (م م إ)	مصادر مقدرة إضافية II	
40–$ 80 يورانيوم/كجم	مصادر معقولة التأكد (م م ت)	مصادر مقدرة إضافية I (م م إ)	مصادر مقدرة إضافية II	مصادر تخمينية (م ت)
40 دولار كجم / يورانيوم	مصادر معقولة التأكد (م م ت)	مصادر مقدرة إضافية I (م م إ)		

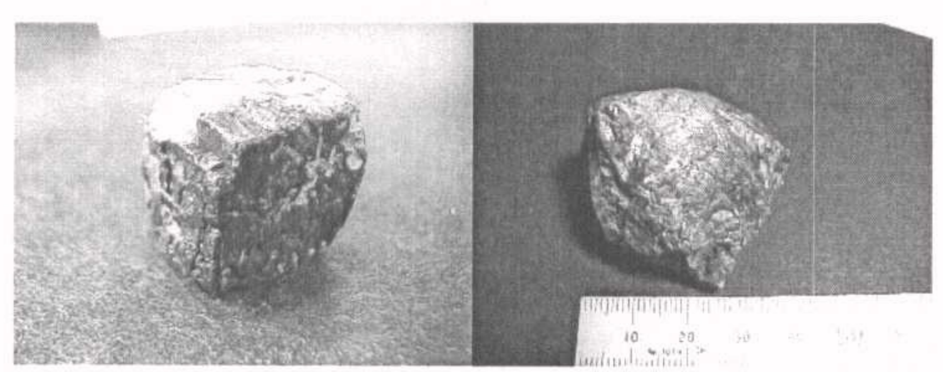
نقص درجة الثقة في التقديرات

شكل 2– 44 : أنواع احتياطات اليورانيوم طبقا لتقسيم الوكالة الدولية للطاقة الذرية [15]



شكل 2-45 : مقارنة تقريبية بين التعريفات المستخدمة في نظم تقسيم المصادر

الرئيسية للخامات[15]



شكل 2-21: يورانينيت

شكل 2-22 : يورانينيت



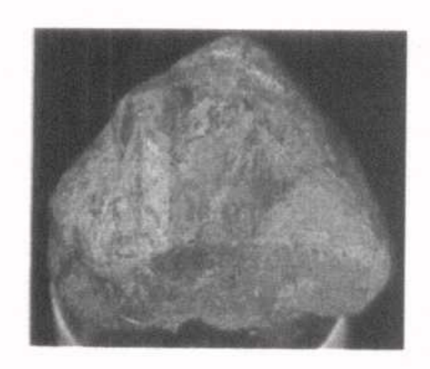
شكل 2-24 : بتشبلند



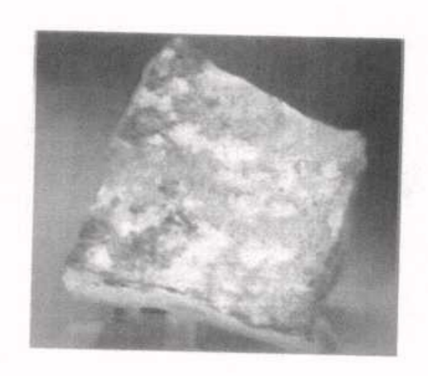
شكل 2-23 : يورانينيت



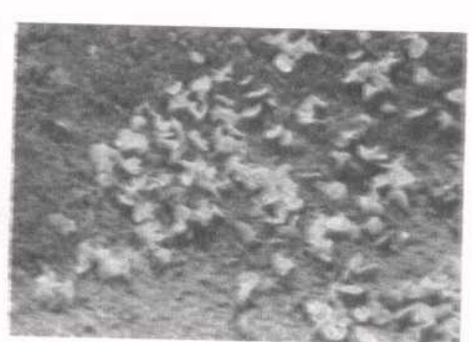
شكل 2-25: كوفينيت



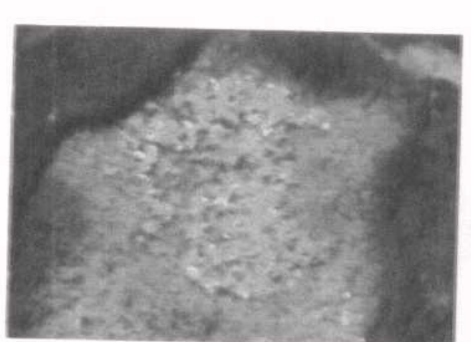
شكل 2-26: دافيديت



شكل 2-27: كارنوتيت



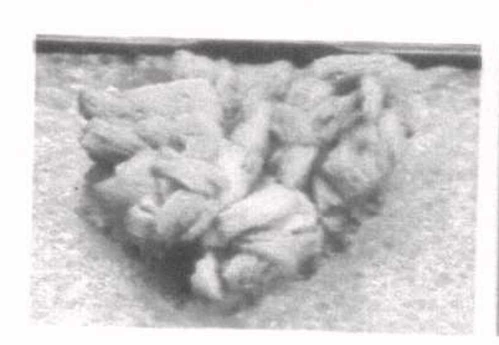
شكل 2-29: تيامونيت



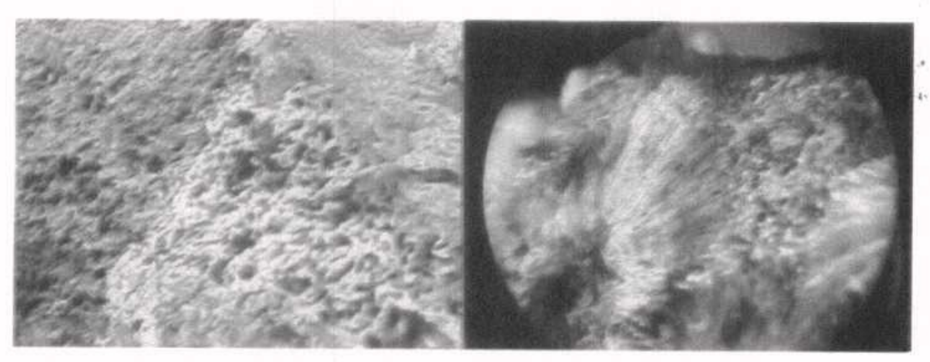
شكل 2-28: تيامونيت



شكل 2-30: أوتونيت

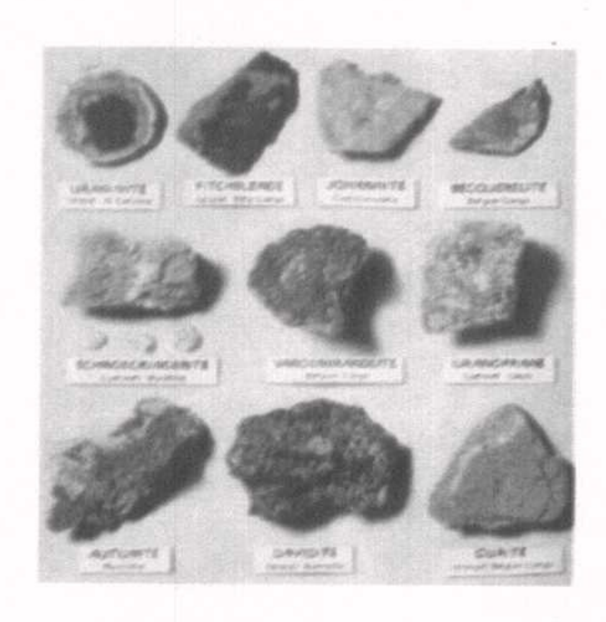


شكل 2-31: أوتونيت

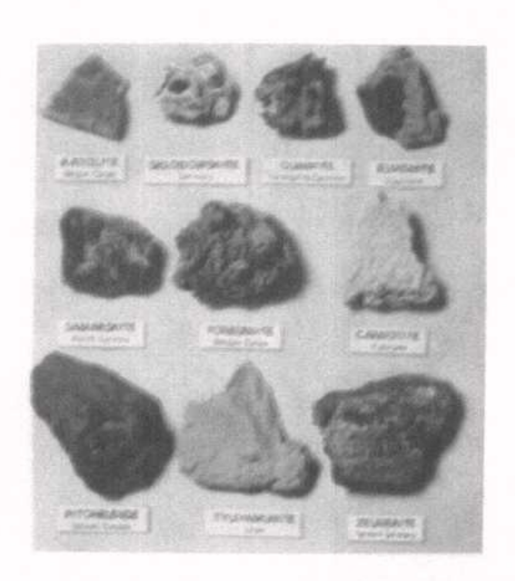


شكل 2-32: يورانوفين

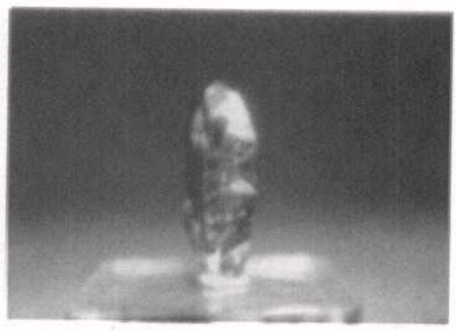
شكل 2-33: يورانوفين



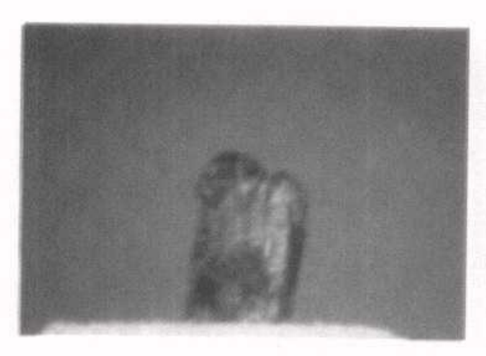
شكل2-34 مجموعة مصورة من معادن اليورانيوم الأولية والثانية



شكل 2-35: مجموعة مصورة من معادن اليورانيوم الأولية والثانوية



شكل2-36: زينوتيم



شكل 2-37: زينوتيم



شكل 2-38: رمل زركون

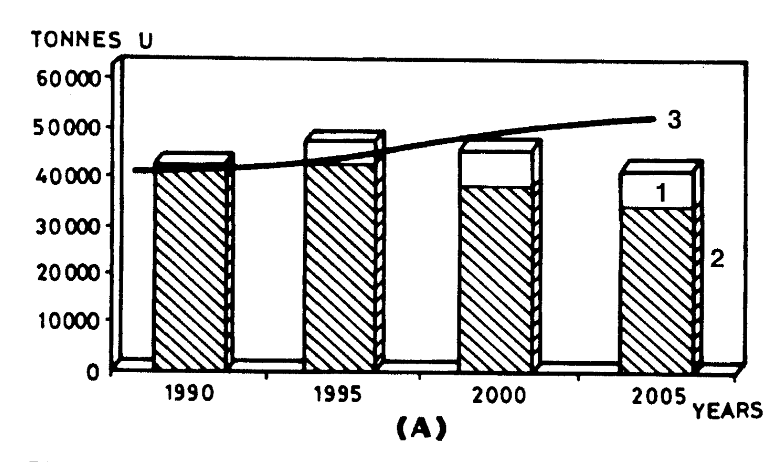
شكل 2-39: بلورة زركون

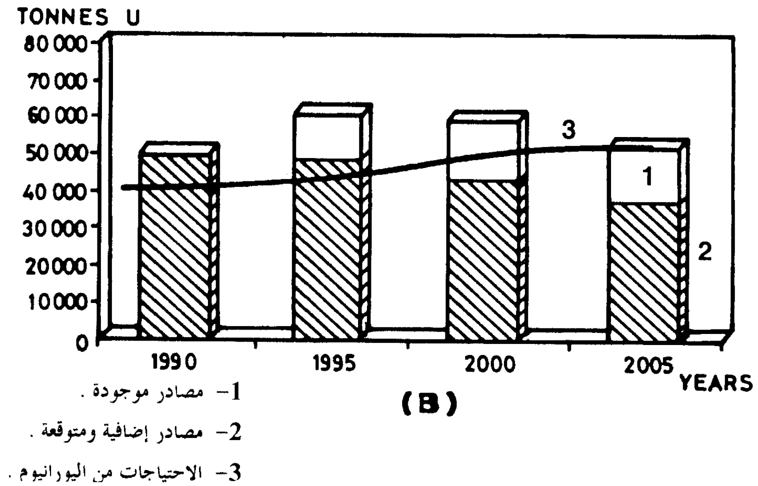
شكل2-40: ألانيت

شكل 2-41: أباتيت

شكل 2-42: فلوروأباتيت

شكل2-43: فلوروأباتيت





1- مصادر موجودة .

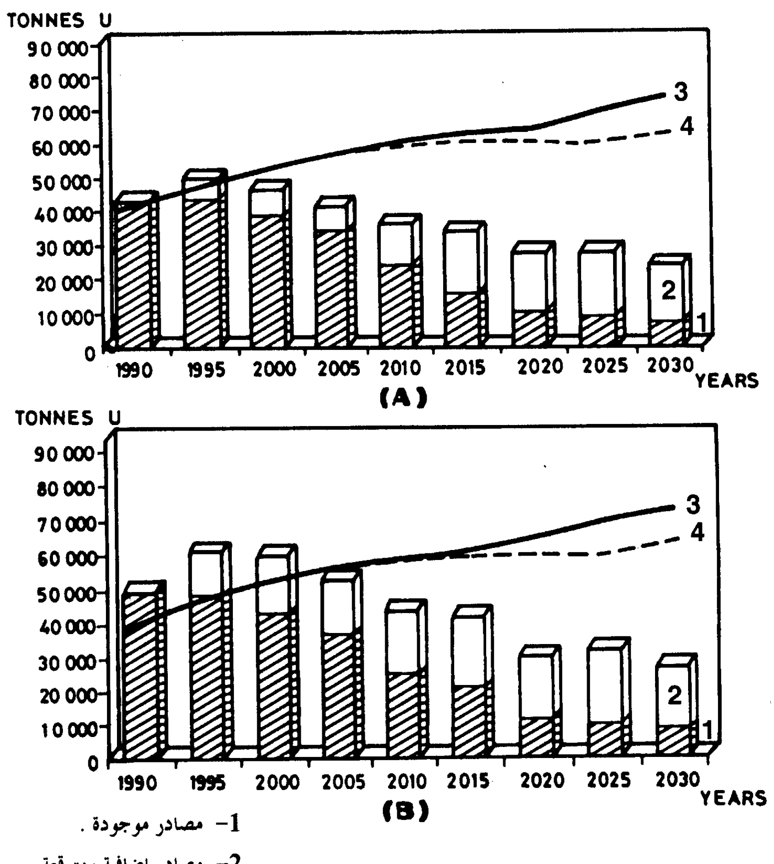
2- مصادر إضافية ومتوقعة .

3- الاحتياجات من اليورانيوم .

شكل 2-46 : إنتاج اليورانيوم السنوي علي المدى القصير (15)

A: مصادر تنتج بتكلفة حتى 80 دولار أمريكي للكيلوجرام يورانيوم.

B: مصادر تنتج بتكلفة حتى 130 دولار أمريكي للكيلوجرام يورانيوم.



1- مصادر موجودة .

2- مصادر إضافية ومتوقعة .

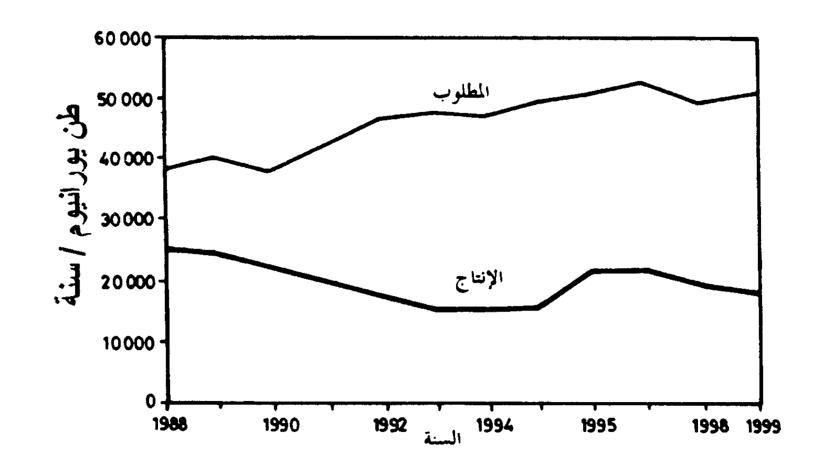
3- الاحتياجات من اليورانيوم .

4- الاحتياجات في المستقبل

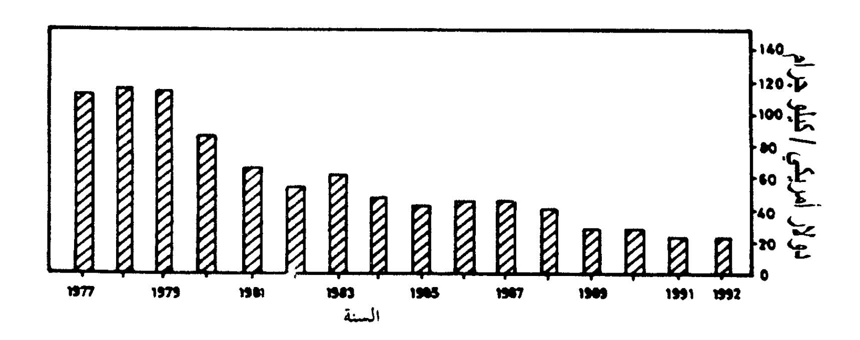
شكل 2-47 : إنتاج اليورانيوم السنوي على المدى القصير (15)

A: مصادر تنتج بتكلفة حتى 80 دولار أمريكي للكيلوجرام يورانيوم.

B: مصادر تنتج بتكلفة حتى 130 دولار أمريكي للكيلوجرام يورانيوم.



شكل 2-48: إنتاج اليورانيوم والمطلوب منه خلال الفترة من 1988 حتى 1999 حسب تقديرات الوكالة الدولية للطاقة الذرية (15)



شكل 2-49: التغيرات في سعر اليورانيوم خلال الفترة من 1977 حتى 1992 (17)

3: القسم الثالث: استكشاف وحساب احتياطي خام اليورانيوم

إن طبيعة معادن اليورانيوم والمعادن المشعة الأخرى في انتشارها الواسع في أنواع كثيرة من صخور القشرة الأرضية بالإضافة إلى النسبة القليلة من وجود هذا العنصر في الطبيعة، وخضوعه إلى عوامل مختلفة تؤثر إما في توزيعه بنسب منخفضة أو تركيزه في مناطق محددة. جعل عملية استكشاف رواسب خاماته تتأثر بعوامل كثيرة ومتنوعة معتمدة على الاختلاف في الصفات المعدنية والجيوكيميائية وخصائص البيئات الترسيبية لكل حالة من حالات ترسيب هذه المعادن. واعتمادا علي خبرتي العلمية والعملية علي مدي أكثر من أربعون عاما (37 - 26) (Salman et.al., 1983 to 1996) , (18 - 25) (Salman 1982 to 1996) والقراءات في شتي مجالات الاستكشاف والتنقيب عن اليورانيوم والبحوث المشتركة (44 - 38)) يمكن القول بأن عمليات التنقيب عن خامات اليورانيوم وحساب احتياطياته يمكن حصرها في ثمانية مراحل كما يلي:

3-1 : جمع المعلومات	3-2 : المسح الإقليمي
3-3 : المسح شبه المنتظم	3-4 : المسح السطحي التفصيلي
3-5 : الاستكشاف الجيوكيميائي	3-6 : مرحلة الحفر
3-7 : مرحلة المناجم الاستكشافية	3-8 : حساب احتياطي الخام

1-3 : جمع المعلومات

لابد من اتباع أسلوب لتنظيم واسترجاع البيانات حتى يمكن استخدامه في معرفة المعلومات الدقيقة لمنطقة ما. وأسهل طريقة لذلك هو عمل خرائط شفافة لكل نوع من المعلومات التي تعتبر أساسية في الأعمال الاستكشافية. ويعتبر مقياس 1: 1000 000 مناسب لجمع البيانات المطلوبة. وتتدرج شفافات الخرائط المطلوب تجهيزها تحت الأنواع التالية:

- شفافات للخرائط الطبوغرافية التي تغطى المناطق المطلوب استكشافها، ويمكن عمل شفافة واحدة لكل مقياس رسم.

- شفافات للخرائط الجيولوجية والتكتونية ، ويتم تجهيز خريطة لكل مقياس رسم.

- شفافات للأجزاء المغطاة بالصور الجوية. ويمكن عمل شفافة لكل نوع سواء من الصور الجوية أو صور الأقمار الصناعية المختلفة.

- شفافات للخرائط الجيوفيزيقية سواء مغناطيسية، تشاكلية أو إشعاعية.

- شفافات للخرائط الميتالوجينية.

- شفافات للتقارير والرسائل العلمية سواء ماجستير أو دكتوراه أو أبحاث منشورة.

ويمكن تحديد تكلفة إعداد كل شفافة حتى يمكن حساب التمويل اللازم لإعداد هذه الشفافات. ومن الجدير بالذكر أن إعداد برامج بواسطة الحاسب الآلي مزودة بكل هذه البيانات يمكن أن يغنى عن تلك الشفافات إضافة إلي توفير في الوقت والتكاليف والمجهود. وسوف تساعد هذه الطريقة آي شخص من إيجاد والاسترجاع السريع للبيانات المتاحة عن المنطقة التي يهدف إلى استكشافها، أو استخدام هذه البيانات لتحديد هدف جديد لاستكشافه. وأحب أن أنوه إلي أن حفظ تلك البيانات

والخرائط بطريقة آمنة وسليمة له أهمية قصوى في تطوير عمليـــات الاستكشـــاف والحصول علي أعلي مردود مطلوب.

3-1-1: الأعمال السابقة

منذ بدأ العمليات الخاصة باستكشاف اليورانيوم في منطقة ما فإن ذلك يسفر عن اكتشاف العديد من مواقع اليورانيوم وكثيرا من الشـــاذات الإشـــعاعية. وتـــدل الظواهر المصاحبة أن بعض هذه المواقع ذو أهمية خاصة حيث أنه يشابه بعـــض الأنواع المعروفة لرواسب اليورانيوم ويستبعد البعض الآخر مؤقتا أو يمكن صرف النظر عنه. ولكن بسبب تطور الأفكار، فإنه من الضروري الاحتفاظ بسجل موضحا به وصفا لجميع الظواهر المرتبطة بكل شاذة إشعاعية اكتشفت من قبـــل. ولإعـــداد ذلك يتم عمل استمارة بيانات أو كارت تلخص فيه جميع الصفات الخاصـــة بكـــل شاذة. ويمكن عند تجهيز التقرير المشتمل على استمارات البيانات إن يتم تطـــويره وحفظة في الحاسب الآلي، ومن الضروري عمل قاعـــدة بيانـــات بالمصـــطلحات الجيولوجية والتي يسهل استخدامها لأي شخص يعمل في هذا المجال.

أما فيما يتعلق بالشاذات الإشعاعية فإنه من المعروف أن آي قراءة إشعاعية للجرانيت في حدود 1500 عدة / ثانية بواسطة جهاز Spp2 تعتبر شاذة إشـــعاعية. أما باقي التكاوين فإن آي قراءة تصل إلى ثلاثة أضعاف القـــراءة العاديـــة (back-ground)تعتبر شاذة إشعاعية، ومن الجدير بالذكر أنه بعد إتمام فهرســـت وتجميـــع الصفات الخاصة بكل الشاذات الإشعاعية ومواقع اليورانيوم فإنه يمكن رسم خريطة بمقياس 1 : 000 1000 يوضع عليها تلك المواقع. وحتى يكون هذا العمل كـــاملا فإنه يفضل عمل خريطة شفافة توقع عليها حدود المناطق التي تمت دراستها ويـــتم تحويلها إلي خريطة رقمية وحفظها في بنك المعلومات بالحاسب الآلي.

3-1-2: اختيار منطقة الهدف

عند اختيار منطقة جديدة لكي تكون هدفا لاستكشاف اليورانيوم ، لابـد أن نحدد أولا الصخور التي يمكن أن تكون مصدرا لليورانيوم بها. وتعتبر الصـخور النارية غنية نسبيا في اليورانيوم وخاصة الصخور البلوتونية والبركانية وهي تمثل مصدرا لليورانيوم لكثير من الرواسب المعروفة والموجودة في بيئـات جيولوجيـة مختلفة.

ومن المعروف أن الصخور الجرانيتية الحمضية ذات فرصـة جيـدة فـي احتوائها على اليورانيوم، ولذلك يمكن اعتبار هذا النوع من الصخور ذو احتمالات طيبة كمصدر لليورانيوم. أما الصخور البركانية التي تكافئ الصـخور الجرانيتيـة الغنية باليورانيوم والتي يمكن وصفها "بالريوليت البير ألومينوس والميتا ألومينوس تف والبيرألكلين تف" حيث يتركز اليورانيوم غالبا في الأرضية الزجاجية أو الدقيقة الحبيبات والتي تربط بين البلورات المكونة للصخر. وتمثل هذه الصخور مصـدرا ممتازا لرواسب اليورانيوم والتي تتكون خلال العمليات الثانوية المصاحبة أو التالية لتكوين تلك الصخور والتي تشمل :

Supergene, diagenetic, hydrothermal or metamorphic events. و لكي يـتمكن اليورانيوم من الانفصال عن تلك الأرضية الزجاجية أو الدقيقة الحبيبات فلابـد أن تتعرض تلك الصخور لعملية تغير والتي يمكن أن تحـدث إمـا نتيجـة العمليـات المصاحبة لارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها.

وتشتمل عمليات ارتفاع درجة الحرارة إعادة التبلور devritrification وتأثير المحاليل الحارة سواء مائية أو خلال مرحلة تجمع الغازات فـي أواخـر مراحـل الصهير والتبلور والتبلور الجرانـوفيرى ، و التغيـر الفيـوميرولى Fumerolic alteration، كما تشمل عملية انخفاض درجة الحرارة تغيـر النسـيج الزجـاجي .

بواسطة المياه الأرضية خلال عدة مراحل والتي يمكن أن تسمى التعرية والتغيرات التي تتم بعد التكوين Weathering and diagenesis .

ومن الجدير بالذكر فإن معرفة طبيعة وخواص اليورانيوم الموجـود فـي الصخور الجوفية والبركانية يمكن أن تسهل عملية اختيار منطقة الهـدف. وحتـى نتمكن من تحديد المناطق ذات الاحتمالات الجيدة لوجود اليورانيوم فمن الضروري إعداد المزيد من شفافات الخرائط التالية:

- خريطة لتوزيع الصخور النارية مع إيضاح تكوينها.

- خريطة لتوزيع الصخور الجوفية موضحا عليها خواصها البتروجرافية وأعمارها ويمكن كتابتها بلونيين مختلفين لسهولة قراءاتها.

- خريطة لمنكشافات الصخور البركانية موضحا عليهـا خواصـها البتروجرافيـة وأعمارها بألوان مختلفة، كما يمكن ضم الصخور البركانية الأخرى الموجودة فـي التتابع الإستراتيجرافى إلى التقرير.

- خريطة موضحا عليها المواقع المعروفة لليورانيـوم، والثوريـوم والأرضـيات النادرة، والليثيوم، والموليبدنيوم ، والصـفيح والفلوريـت، الكـوارتز الأسـود ، الكاولينيت ، والبيجماتيت الفلسبارى والبورون.

ولما كانت معظم رواسب اليورانيوم المعروفة مرتبطة بالصخور الناريـة الحمضية، فإن مطابقة شفافات الخرائط سالفة الذكر على بعضها الـبعض سـوف يساعد في تحديد المناطق ذات الاحتمالات الجيدة. ويمكن ترتيب تلك المناطق طبقا للأولويات الآتية:

- المناطق القريبة من صخور القاعدة المشتملة على صخور جرانيتية.

- المناطق التي تشتمل على صخور بركانية أو صخور بركانية متحولة.

- المناطق متعددة الصخور الجوفية.

- المناطق المشتملة على صخور جوفية وتقطع جدد الصخور البركانية الحمضية .

ومن الجدير بالذكر أنه كلما توافرت المعلومات نتيجة عمليات الاستكشاف السابقة ، فإن شفافات الخرائط التي تم إعدادها والتي تشمل تلك المناطق التي درست من قبل بما فيها بعض مواقع اليورانيوم سوف تساعد كثيرا في اختيار المنطقة ذات الاحتمالات الجيدة لوجود رواسب اليورانيوم بها. كما أنه من الأهمية بمكان الإستعانه بالمعلومات التفصيلية الموجودة في الرسائل العلمية وخاصة التركيب الجيوكيميائى للصخور الجوفية والبركانية وسوف يكون من السهل نسبيا تحديد قيمة هذه الصخور كمصدر محتمل لليورانيوم مثل:

- الجرانيت الذي يتميز بنسبة منخفضة للكالسيوم و peraluminous

- الجرانيت الذي يتميز بنسبة عالية من الكالسيوم و metaluminous

- الجرانيت الـ peralkaline

مما سبق يتضح أهمية جمع المعلومات وترتيبها وأرشفتها وتحليلها وعمل قاعدة بيانات منها علي الحاسب ومدى الدور الذي يمكن أن تلعبه في اختيار المناطق ذات الاحتمالات العالية لوجود رواسب اليورانيوم.

أما طرق المسح المستعملة [39] فيمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسيين هما:

أ - المسح الجيولوجي التقليدي.

ب - المسح الإشعاعي.

ويعود الهدف من تطوير أساليب المسح والتنقيب وتقنية الأجهزة المستعملة في هذا المجال للأسباب التالية:

- التعيين السريع للمناطق غير المستكشفة والمناسبة لتجمعات خام اليورانيوم.
- تقييم كميات المواد الكامنة (تقدير أولى).
- كشف الملامح الفلزية المميزة لأنواع الرواسب المستكشفة واعتمادها كدليل يرشد إلي توقع الرواسب الجديدة.
- تعيين أنواع جديدة من رواسب خام اليورانيوم في بيئات ذات مناشيء معدنية خاصة.
- اختصار الوقت وتكاليف الاستكشاف والإسراع ببدء مرحلة الإنتاج.

3-2: المسح الإقليمي Regional Survey

وهى مرحلة المسح الأولى والمستعملة في معظم دول العالم للتنقيب عن الخامات المشعة، وتعتمد هذه المرحلة على أساسين: مسح جيولوجي إقليمي ومسح إشعاعي إقليمي.

3-2-1: مسح جيولوجي إقليميRegional Geological Survey

إن التنقيب عن اليورانيوم ينبغي أن يبنى أساسا على معرفة معدنية وجيولوجية جيدة للمناطق الأكثر احتمالا لوجود اليورانيوم في القشرة الأرضية، هذا بجانب دراسة العوامل المتحكمة في توزيع اليورانيوم في مختلف بيئاته الترسيبية، لذلك فإن دراسة جيولوجية موسعة للمناطق المراد مسحها وتحديد مناطق مختارة بحيث توضح المؤشرات الرئيسية لتوقع وجود رواسب للخامات المشعة فيها على أساس نوع التكاوين الجيولوجية الموجودة مثل:

- مناطق الصخور النارية الحمضية.
- مناطق القواطع أو الجدد العمودية.
- أحزمة عدم التوافق الرئيسية.
- الرواسب السميكة للصخور الفتاتية الرملية الحاوية على المعادن الطينية أو المـــــواد العضوية .
- وجود حدود التأكسد و الاختزال في الرواسب القارية المترسبة فـــي بيئـــة بحرية ، بيئـــة نهرية أو رواسب دلتا الأنهار.
- مناطق الصخور الفوسفاتية أو الطفل الأسود.

ثم يتم إخضاع المناطق المختارة اعتمـــادا علـــى خواصـــها الجيولوجيـــة المذكـــورة لعمليات المسح الإشعاعي اللاحقة.

وتشمل هذه المرحلة طرق مختلفـــة مـــن المســـح الجيولـــوجي ، المســـح الجيوفيزيقـــي، المسح الجيوكيميائي، والمسح النباتي. وتستهدف هـــذه المســـوحات فرز مواقع الرواسب المعدنية أو شواهدها بغية إخضاعها لعمليات التحري المعدنية التفصيلية.

3-2-2: مسح إشعاعي إقليمي Regional Radiometric Survey

تتم عمليات المسح الراديومترى الإقليمي بواسطة تغطية مساحات واســـعة بواسطة طائرة مزودة بأجهزة الكشف عن إشعاعات جاما المنطلقة مـــن الصـــخور الحاملة للمواد المشـــعة وتعيـــين منـــاطق الشـــاذات الإشـــعاعية (Radioactive Anomalous Zones) ثم إخضاع تلك المناطق إلى مســـوحات نصـــف تفصـــيلية وتفصيلية لاحقة..

وكنتيجة للأسلوبين المذكورين يتم رسم خريطة إقليمية (شكل 3-49) تظهر شدة النشاط الإشعاعي (شكل 3-1) المقاس وإسقاطها على التكـاوين الجيولوجيـة المختلفة بما يشبه الخريطة الطبوغرافية وتسمى خريطة تساوى الشدة الإشـعاعية (Isorad Map).

وفيما يلي طرق المسح الإشعاعي الإقليمي المختلفة:

- تعريف بالطرق الإشعاعية.
- مسح إشعاعي جوى.
- مسح لأشعة جاما الكلية.
- مسح جوى لأطياف أشعة جاما.

3-2-2-1: تعريف بالطرق الإشعاعية

تعتمد هذه الطرق على قياس مستويات شدة النشاط الإشـعاعي للصـخور المختلفة وفرز المواقع المتميزة بالنشاط الإشعاعي الشـاذ (Radioactive Anomaly) وتحديدها كهدف لعمليات المسح التفصيلي بغية تحديد مسببات ذلـك الشـذوذ فـي النشاط الإشعاعي ومدى ارتباطه برواسب معدنيـة لليورانيـوم ، الثـور يـوم أو البوتاسيوم.

إن القابلية الكبيرة لعنصر اليورانيوم والعناصر المشعة الأخرى للدخول في تفاعلات كيميائية والاتحاد مع باقي العناصر الموجودة في الطبيعة مكونـة بـذلك معادن ومركبات إنتشارية تتوزع بنسب قليلة في أغلب أنـواع صـخور القشـرة الأرضية، مسببة بذلك ما يدعى بالخلفية الإشعاعية الطبيعية لكل نوع مـن أنـواع الصخور(Natural background Radiation of Rocks) وبالرغم من التواجد الضئيل

لليورانيوم وباقي العناصر المشعة في الطبيعة ، فإن مختلف التكوينات الصخرية تتميز بنشاط إشعاعي يتناسب مع التراكيز الطبيعية لتلك العناصر فيها.

إن الكشف عن أي زيادة في شدة النشاط الإشعاعي العام لأحد التكوينات الصخرية بحيث يتعدى أربعة أضعاف الخلفية الإشعاعية المقبولة لتلك الصخور يعتبر شذوذا إشعاعيا يجب التركيز عليه.

وتعتبر الطرق الإشعاعية من أهم الطرق المستعملة في التنقيب عن رواسب المعادن المشعة الظاهرة أو القريبة من سطح الأرض حيث تستعمل أجهزة تحسس إشعاعات جاما المنطلقة من التكوينات الصخرية الحاملة للمعادن المشعة. وتستعمل هذه الطرق في التحري من الجو وعلى سطح الأرض، باستخدام أجهزة خاصة مثل عدادات الوميض (Scintillation Counters) وعداد الجيجر والعداد الطيفي. (شكل 3-50) .(Scintillation Spectrometers) . كذلك تستعمل أجهزة خاصة أخرى مثل العدادات الإنبعاثية (Emanometers) والخاصة بقياس تركيز غاز الرادون المشع، المنطلق خلال عملية تحلل عنصر اليورانيوم ، منسابا خلال الفجوات والمساحات الموجودة في الصخور وغطاء التربة لتلك المنطقة.

إن محدودية فاعلية المسوحات الإشعاعية السطحية، بسبب سمك غطاء الصخور أو التربة للطبقات المشعة، يمكن تعزيزها بالمسح الإشعاعي التحت سطحي وذلك بإجراء عمليات السبر البئرى (well logging) لأشعة جامل لمقاطع الصخور التي تخترقها الآبار المحفورة، وتحديد الأحزمة التي تتميز بالمستويات العالية من النشاط الإشعاعي. ويمكن تصنيف طرق المسح الإشعاعي كالآتي:

3-2-2-2: المسح الإشعاعي الجوي Air borne Radiometric Survey

تطبق هذه الطريقة على المناطق الشاسعة البكر التي تفتقد الأولية المسبقة عن توزيع المعادن المشعة فيها[39]. وتتطلب عملية التخطيط للمسح الإشعاعي الجوى تهيئة الدراسات التالية:

أ - دراسة جيولوجية عامة: يتم فيها تثبيت انتشار التكاوين الجيولوجية في المنطقة، وتقدير الخلفية الطبيعية للإشعاع في كل نوع من أنواع الصخور فيها.

ب - دراسة تركيبية ، جيومورفولوجية وطوبوغرافية للمنطقة يتم على أساسها تحديد الاتجاهات الرئيسية للتراكيب الجيولوجية الموجودة وكنتيجة لهذا يتم اختيار اتجاهات خطوط الطيران اللازمة لتغطية كافة أجزاء المنطقة المراد مسحها، ويراعى أن تكون خطوط الطيران عمودية بقدر الإمكان على التراكيب الجيولوجية.

ج - دراسة تكتو نية إقليمية لتثبيت الفوالق الرئيسية للمنطقة وتأثيراتها المتوقعة في عملية المسح الإشعاعي الجوى.

وعلى ضوء ما تقدم من دراسات إقليمية عامة يتم تقسيم المنطقة ككل إلى قواطع أو مناطق يثبت لكل منها ما يلي:

1- اتجاه خطوط الطيران Flight line directions
2- ارتفاع الطيران المناسب Flight line highs
3- فواصل خطوط الطيران Flight line Spacing
4- فواصل خطوط الربط Tie line Spacing

وعادة ما تصاحب عملية المسح الجوى الإشعاعي العمليات التالية:

1- مسح جوى مغناطيسي Airomagnatic Survey

2- تغطية بواسطة الصور الجوية Aerial photographs coverage

وذلك للاستفادة القصوى من المعلومات المتاحة وبفارق كلفة قليل جدا. ويعتمد أسلوبان رئيسيان في المسوحات الراديو مترية الجوية هما:

3-2-2-2-1: مسح لإشعاعات جاما الكلية Total Gamma - Radiation Survey

إن الغرض من هذا النوع من المسوحات هو عمل استكشافي عام لتحديد القواطع التي يجب أن تخضع إلى مسوحات أكثر دقة لتثبيت المستوى الطاقي لأشعة جاما المستعملة مثل مسوحات أطياف أشعة جاما. كذلك للتحقق والفصل بين أهداف معينة في مناطق معلومة النشاط الإشعاعي لاحتوائها على معادن مشعة وبين مناطق سجل فيها نشاط إشعاعي وعدم احتمال احتوائها على رواسب للخامات المشعة.

3-2-2-2-2: مسح جوى لأطياف أشعة جاما

Airborne Gamma Ray Spectrometric Surveying.

تستخدم هذه الطريقة في مجالات معينة بسبب تكلفتها العالية ويمكن تحديد ضرورة استعمال هذه الطريقة بالنقاط التالية:

أ - لتحديد مواقع معينة من بين مواقع كثيرة مسجلة بطريقة مسح إشعاعات جاما الكلية .

وتشخيص وجود رواسب اليورانيوم فيهـا، لغـرض متابعتهـا بواسـطة المسوحات الأرضية المباشرة، وخاصة إذا تواجدت هذه المواقع في مناطق يصعب الوصول إليها بواسطة طرق المواصلات البرية.

ب – للتحقق من منطقة شذوذ إشعاعي صغيرة جدا ولكن ذات نشاط عالي.

ج – أو لتغطية منطقة كبيرة ذات نشاط ضعيف ، وذلك لتثبيت ارتبـاط تلـك الإشعاعات برواسب خام اليورانيوم.

إن مستوى طاقة أشعة جاما المنبعثة من العناصر المشعة المختلفة تدل على نوع العنصر الباعث لها. فمثلا عنصر البوتاسيوم ^{40} K عند تحلله ينـتج عنصـر الأرجون ^{40} Ar انبعاث يصحب هذه العملية انبعاث لأشعة جاما حيث تتميز بطاقـة شدتها 1460 KeV كيلو إلكترون فولت. كذلك عند تحلل العناصر المشعة الأخرى فإن أشعة جاما المنطلقة تتميز بشدة طاقة تختلف من عنصر لآخر. لذلك فإن أجهزة قياس أطياف أشعة جاما تكون مصممة لتعيين مسـتوى طاقـة هـذه الإشـعاعات والتفريق فيما بينها.

إن معظم أجهزة المسح الإشعاعي الجوى الحديثة لقياس أطياف أشعة جاما الطبيعية الواقعة بيـن 0 – 3000 KeV مصممة لتحـوى 255 قناة (Channel) كل منها تغـطى بين 10 – 12.5 KeV. وهناك قناة إضافية لتسجيل طاقة طيف أشـعة جاما الأعلى من 3000 KeV الناتجة من الأشعة الكونية. ولتقليل كمية الإنبعاثـات المعالجة يوضع حد أدنى لمستوى الطاقة كعتبة (Threshold) ويبدأ عادة من قيمـة 200 KeV حيث تهمل ما تحته من قيم.

في معظم عمليات المسح للعناصر ذات الإشعاع الطبيعي، تجمع القـراءات المسجلة ضمن مجاميع من القنوات لتكون ما يدعى بالنوافذ (Windows) وتكون كل

نافذة من هذه النوافذ حساسة بصورة خاصة إلى عنصر معين من العناصر، مثـل البوتاسيوم ، اليورانيوم أو الثور يوم. ويمثل الشكل رقم (3-51) إسقاط نمـوذجي لطيف أشعة جاما موضحا قمم العناصر المشعة الثلاثة والنوافذ المستعملة لتحسسها.

تتكون وحدة قياس أطياف أشعة جاما المستعملة في المسوحات الجوية مـن مجموعة من الأجهزة، والشكل رقم (3-52) يبين المكونات الأساسية لوحدة مسـح نموذجية وسنقوم بشرح موجز لعمل الأجزاء الرئيسية ومراحل عملية التحسس(45)

تتألف مجموعة التحسس (Detector Package) من عداد وميض مكون مـن جزأين:

البلورة (Crystal) مصنوعة من مادة أيوديـد الصـوديوم (NaI) والمنشـطة بالثاليوم (Thallium activated) ، وتكون مغطاة بطبقة رقيقة عاكسة مـن مـادة أو كسيد المجنيسيوم.

وأنبوب التضخيم الضوئي (Photomultiplier tube) وجهـــاز تحليل شـدة النبضات (Pulse Height Analyzer) وجهاز دمج الطاقة (Energy Integrator) .

تبدأ عملية تحسس أشعة جاما الساقطة على بلورة جهاز عـداد الـوميض بواسطة عكس الفوتونات المفلورة (Fluorescent photons أو Scintillation) الناتجة من مادة البلورة المتفاعلة مـع أشعة جاما المستلمة من أنبـوب التضـخيم الضوئي الذي يعمل على تضخيم طاقة تلك الفوتونات إلى ما يقرب من 106 مـرة ثم تدفع على شكل نبضات (Pulses) وتكون شدة كل نبضة متناسبة مع قيمة طاقة أشعة جاما المسببة لانبعاث الفوتونات الناتجة عنها.

تتم بعد ذلك عملية تهذيب ودفع (Shaping & Feeding) النبضات المسـتلمة من أنبوب التضخيم الضوئي إلى جهاز تحليل شدة النبضات الـذي يقـوم بعمليـة

تصنيف هذه النبضات حسب طاقاتها وإيصالها إلى أحد أجهزة الدمج المناسب لتلك الطاقة..

تحصل في كل ثانية عملية فحص محتويات جميع أجهزة الدمج ويتم تسجيلها بشكل قيم رقمية (Digital Values) وتمثل كل قيمة من هذه القيم ما يدعى بالعد في الثانية الواحدة (Counts/s) وكما هو مستعمل في أغلب الأجهزة، يمكن اختيار فترات زمنية أخرى للعد ، غير الثانية ، عند الحاجة.

ثم يتم بعد ذلك جمع كافة المعلومات المحصلة في عملية المسح الجوى بما فيها قيم أطياف جاما المسجلة والمعالجة ومعلومات الطيران والملاحة ، نتائج المسح المغناطيسي المصاحب ومعلومات الصور الجوية الملتقطة وغيرها من المعلومات ومعالجتها بواسطة جهاز الحاسب وحسب برنامج موضوع مسبقا ، ويتم بعد ذلك تسجيل النتائج النهائية بعدة طرق رقمية، بيانية ، أشرطة مغناطيسية أو خرائط وغيرها. ويلي ذلك وضع برنامج لفحص تلك الشاذات الإشعاعية والبيئات الجيولوجية التي توجد بها تلك الشاذات ويبدأ ممارسة الطرق الاستكشافية الآتية:

3-3: المسح شبه المنتظم Semi - Detailed Survey

كنتيجة لعمليات المسح الأولى الإقليمي يتم تغطية مناطق الشذوذ الإشعاعي المثبتة حسب أهميتها بشبكة كثيفة من المسارات (Traverses) بواسطة أجهزة المسح الإشعاعي المحمولة بالسيارات للكشف عن أشعة جاما المنبعثة من مختلف صخور المنطقة. ويكون تخطيط اتجاه مسارات السيارات بصورة عامة عمودي على مضرب الطبقات (Strike Line). وفيما يلي نبذة عن طريقة المسح الإشعاعي السيار.

3-3-1: المسح الإشعاعي السيار Carborne Radiometric Survey

استنادا إلى نتائج المسح الإشعاعي الجوى، يتم وضع خرائط تبين مستويات شدة لإشعاع (Isored Maps) للقواطع المختلفة ، وعلـــى أســـاس هـــذه الخــــرائط والمعلومات الجيولوجية الأخرى الدالة على احتمال وجود رواسب معدنية لليورانيوم في أي قاطع من القواطع الممسوحة، عند ذلك تبدأ عملية التخطيط لإجراء عمليات التحقيق الأرضية (Ground Check) ، وتبدأ بالمسح الإشعاعي السيار.

يتم خلال هذه العملية تغطية كافة الطرق الموجودة (وتفضل الطرق غيـــر المعبدة)، كذلك جميع المناطق التي يمكن للسيارة المرور فيها بحيث تكـــون هـــذه المسارات شبكة تعطى صورة واضحة لشدة أشعة جاما المسجلة بواسطة الأجهـــزة المثبتة في السيارة والتي تكون عادة أقل حساسية وتكلفة من الأجهزة المستعملة في المسح الإشعاعي الجوي.

بعد تثبيت نتائج المسح الإشعاعي السيار علـــى خـــرائط طبوغرافيـــة (أو خرائط جيولوجية إن أمكن). يتم اختيار مواقع صغيرة تعكس أعلى مستوى للإشعاع بغية إخضاعها للمسح الإشعاعي الأكثر دقة وهو المسح السطحي التفصيلي.

3-4: المسح السطحي التفصيلي Detailed Surfacial Survey

وهى مرحلة متقدمة في عمليات المسح الإشعاعي ، وفيها يتم التركيز على مناطق الشذوذ الإشعاعي التي تصل شدتها إلى ثلاثة أضعاف أو أكثر لخلفية النشاط الإشـــــــعاعي (Background radiation) للصخور المحيطة. وتتم هذه العمليـــة بواسطة عمل مسارات راجـــلة (Foot traverses) يقـــوم بهـــا الجيولوجيـــون أو المنقبون المتخصصون (Prospectors) باستعمال أجهزة عدادات الوميض المحمولـــة باليد (شكل 3-50). وبذلك يمكن رسم خرائط تفصيلية لشدة النشـــاط الإشـــعاعي.

وتصاحب هذه العملية نمذجة لصخـــــور مختارة غير متأثرة بعوامـــل التجويـــة (Fresh rock samples) من مخارج الطبقات المختلفة في المنطقـــة أو مـــن حفـــر منتظمة ومعروفة الإتجاه تعرف بالخنادق (Trenches) ،كما في شكل 3-54.

وترسل هذه العينات إلى مختبرات التحليل المختلفة للاستفادة منها في:

- تحديد وجود أو عدم وجود رواسب مشعة في مواقـــع الشـــذوذ الإشـــعاعي المكتشفة وذلك بواسطة تعيين النسبة الحقيقية لتواجد المعادن المشعة في تلك العينات والتأكد من حالة التوازن أو عدم التوازن في نظائر السلسلة الإشعاعية إن وجدت.

- تحديد الخواص الجيولوجية للطبقة الحاملة للمواد المشعة من تركيب معدني وميل وسمك وامتداد وغيرها.

- دراسة الظروف الترسيبية للموقع الذي تكونت فيه روســـوبيات الطبقـــات الحاملة للمواد المشعة.

3-4-1: المسح الإشعاعي على الأقدام Foot Radiometric Survey

ويمثل أدق المراحل في عمليات المسح الإشعاعي لمساحات صـــغيرة ذات إشعاع متميز تم اختيارها اعتمادا على نتائج المسوحات الإقليمية الجويـــة والمســـح السيار الذي يليه. وتتم هذه العملية بواسطة تقسيم المواقع الصغيرة المختـــارة إلـــى مسارات (Traverses) متقاربة بفاصل لا يزيد عن عشـــرة أمتـــار، يقـــوم خلالهـــا الجيولوجي أو التقني المتخصص (Prospector) بتسجيل شدة الإشعاع كـــل عشـــرة أمتار بوسط جهاز عداد الوميض الذي يحمله بيده. ويجب أن تكون اتجاهات تلـــك المسارات عمودية علي التراكيب الجيولوجية الســـائدة وعلـــي مواقـــع الشـــاذات الإشعاعية حتى نحقق أكبر قدر من النتائج المطلوبة.

تسجل قيم القراءات ومواقعها في السجل الحقلي وعلى الخريطة بحيث تنتج عن هذه العملية شبكة تربيعية مكثفة مكونة من عدد هائل من النتائج وبمعدل عشرة أمتار كفاصل بين القراءات. كما تؤخذ عينات صـــخرية تمثـــل كافـــة المنكشـــفات الصخرية في المنطقة، بالإضافة إلى عينات تؤخذ من المواقع المتميزة فـــي شـــدة إشعاعها، يتم ترقيمها وإسقاط مواقعها على الخريطة. ثم ترســـل إلـــى مختبـــرات التحليل المتنوعة لتعيين نسبة ونوعية المواد المشعة فيها.

3-5: الاستكشاف الجيوكيميائي

تعتبر الطرق الجيوكيميائية من أقدم الأساليب التي اســتخدمت لأغــراض الكشف عن المعادن، ويمكن القول أن أولى استخداماتها قد جــرت فــي الاتحــاد السوفيتي السابق والدول الاسكندنافية وذلك في نهاية العشرينات من هذا القرن. وفي البداية كان استخدامها محدودا ، ثم تطورت بشكل واسع لتحقــق أغراضـــها فــي استكشاف مجموعة واسعة من ترسبات الخامات المعدنية وذلك بفضــل اكتشــاف طريقة التحليل الطيفي التي أمكن بوساطتها تحليل مجموعة كبيرة من العناصر في النماذج الجيولوجية المختلفــة. واســتمر اتســاع اســتخدام أســلوب الاستكشــاف الجيوكيميائي مع تطور طرق التحليل وما أظهره تطبيق هذا الأسلوب من خصائص إيجابية في مجال الاستكشاف عن المعادن.

تعتمد الطرق الجيوكيميائية أساسا على سلوك وانتشار العناصر في البيئات الجيوكيميائية المختلفة، وخاصة البيئة الجيوكيميائية الثانوية ، حيث تتولد هالة من التراكيز الشاذة لبعض العناصر ذات العلاقة بطبيعة الترسبات المعدنية ويؤدى رصد تلك الهالة إلى رصد موقع الترسبات المعدنية[46].

ويعتبر استخدام الطرق الجيوكيميائية استكشــاف عــن ترســبات خامــات اليورانيوم حديثا نسبيا بالمقارنة مع الطرق الراديو مترية ، و يعود سبب ذلك إلــى الاكتشاف المتأخر لطرق تحليل مناسبة لتعيين التراكيز الضــئيلة لليورانيــوم فــي النماذج الجيولوجية المختلفة، وخاصة المياه الذي يتواجد فيها اليورانيــوم بتراكيــز ضئيلة جدا.

3-5-1: الإطار العام للاستكشاف الجيوكيميائي

قد يبدو اقتراح أسلوب الاستكشاف الجيوكيميائي عن ترسبات اليورانيوم غريبا وذلك في ظل الخصائص الإشعاعية لعنصر اليورانيوم وإمكانية استخدام الطرق الراديو مترية لرصد إشعاعاته وحتى لقياس تراكيزه في موقعة بفضل تطور أجهزة قياس الإشعاع. وعلى الرغم من ذلك فإن اقتراح استخدام أسلوب استكشاف الجيوبكيميائي عن ترسبات اليورانيوم له ما يبرره. وعلى أساس مجموعة من الحقائق منها قصور فاعلية المسوحات الراديو مترية في الكشف عن ترسبات خامات اليورانيوم المطمورة تحت غطاء صخري سميك يحد من تحسس أشعة جاما المنبعثة من ترسباته ، فإن الاستكشاف الجيوبكيميائي يغطي هذا القصور بالاستفادة من الخصائص الجيوكيميائية لعنصر اليورانيوم وانتشاره حول ترسباته مكونا هالة انتشارية واضحة المعالم يمكن بوساطتها حصر مواقع تلك الترسبات. علاوة على ذلك فإن تكلفة إجراء عمليات المسح الجيوكيميائي تعتبر منخفضة نسبيا بالمقارنة مع تكلفة المسوحات الراديو مترية.

إن استخدام الناجح لأسلوب الاستكشاف الجيوكيميائي يتطلب فهم ناضج لجيوكيميائية عنصر اليورانيوم في البيئات الجيولوجية المختلفة ، والذي سنتناوله لاحقا، ويتضمن أسلوب الاستكشاف الجيوكيميائي الجوانب التالية:

1- اختيار الوسط البيئي الملائم والفعال لعمليات الاستكشاف الجيوكيميائي وذلك على ضوء السلوك الجيوكيميائي لليورانيوم وانتشاره في ذلك الوسط.

2- تحديد مقياس عمليات الاستكشاف الجيوكيميائي على ضوء استراتيجيته والقيام بنمذجة ذلك الوسط.

3- اعتماد إحدى طرق التحليل المناسبة لتعيين تراكيز اليورانيوم والنواتج المشعة والعناصر المصاحبة على ضوء طبيعة النماذج المختارة.

4- معالجة المعطيات إحصائيا وتقييم الشواذ الجيوكيميائية المرصودة وتحديد مواقع الاحتمالات العالية أو مواقع تواجد الترسبات على ضوء الاستراتيجية المختارة لعمليات المسحز.

3-5-2: السلوك الجيوكيميائي لليورانيوم

ماذا يحدث لرواسب اليورانيوم عند تعرضها لعمليات التجوية ؟ إن الإجابة على هذا السؤال تلقي الضوء على طبيعة السلوك الجيويكيميائي لليورانيوم، ومن ثم توضح معالم الأوساط البيئية الفعالة لعمليات الاستكشاف الجيوكيميائي لليورانيوم.

عند تعرض رواسب اليورانيوم لعوامل التجوية تتكون حولها هالة من اليورانيوم نفسه والراديوم وغاز الرادون والهليوم.

بالنسبة لليورانيوم وهو العنصر الرئيسي فإن أكسدته للحالة السداسية بعد تعرضه لعوامل التجوية يترتب عليه انتقاله في المياه بشكل أيونات ذائبة تتحد مع جذور الكربونات والكبريتات والسليكات مكونة مركبات معقدة ذائبة في المياه. وتتناقص تراكيز اليورانيوم في هذه المياه كلما ابتعدنا عن مصدر أو موقع الترسبات بسبب عمليات التخفيف ولمسافات تبلغ مئات الأمتار، وعليه تعتبر المياه السطحية والجوفية أوساطا مهمة في عمليات التحري الجيوكيميائي عن اليورانيوم مما يتطلب نمذجتها لأغراض تلك العمليات.

إن رسوبيات الأنهار التي تحملها المياه تصطاد اليورانيوم المحمول بتلك المياه بواسطة امتز ازه من قبل المواد العضوية والمعادن الطينية أو أكاسيد الحديد

والمنجنيز الموجودة في هذه الرسوبيات، وبذلك تكون رسوبيات الأنهار وسطا ملائما لانتشار اليورانيوم مما يتطلب نمذجتها أيضا.

أما بالنسبة للراديوم وهو أحد العناصر المصاحبة لليورانيوم ضمن سلسلة تحلله الذاتي فإنه يتأثر عند تعرض ترسبات اليورانيوم لعوامل التجوية فيتحرر على شكل أيونات ذائبة التي سرعان ما تتحد مع جزئي الكبريتات والكربونات مكونة مركبات غير ذائبة للراديوم وتترسب في الوسط. والحالة الوحيدة التي يبقي فيها الراديوم ذائبا في المياه هي عندما يتحد مع جزئي الكلور مكونا كالوريد الراديوم. وعليه فإن الهالة الانتشارية للراديوم في المياه محدودة بالمقارنة مع رسوبيات الأنهار ، وتتكون أحيانا هالة مضخمة للراديوم نتيجة لعمليات الامتزاز المتعاقبة على جدران مجاري وقنوات الأنهار وفوهات العيون.

أما الرادون فهو غاز ينبعث نتيجة تحلل الراديوم ضمن سلسلة تحلل اليورانيوم، وعليه فإن هالة انتشاره ترتبط بتواجد الراديوم الذي يرتبط بحالة التوازن الإشعاعي لليورانيوم. وينتشر غاز الرادون في الهواء والمياه ويكون انتشاره في الهواء المحيط بترسبات اليورانيوم سواء في الهواء الجوي أو في هواء التربة المحيطة بتلك الترسبات ، مما يتطلب نمذجته في عمليات التحري الجيوكيميائي عن اليورانيوم. أما عن انتشاره في المياه فإنه يذوب فيها وينتشر إلى مسافات تتراوح بين مائة ومائتي متر في المياه الجارية بعيدا عن مصدر الراديوم.

وبالنسبة للهليوم فهو غاز خامل يتكون نتيجة التحلل الإشعاعي لعنصر اليورانيوم وبعض نواتجه التي تتحلل إلى أشعة ألفا، والتي تعتبر نواة ذرة الهليوم، وعندما تكتسب تلك النواة إلكترونين من الإلكترونات الموجودة بوفرة في الجو المحيط بها يتكون غاز الهليوم وينتشر مكونا هالة واسعة نسبيا حول ترسبات اليورانيوم.

مما تقدم نستنتج أن العناصر الأربعة هي عناصر فعالة لأغراض عمليات الاستكشاف الجيوكيميائي عن رواسب اليورانيوم وأن الأوساط الملائمة لانتشارها هي المياه (اليورانيوم والراديوم) ورسوبيات الأنهار والتربة (اليورانيوم والراديوم) والهواء (الرادون والهليوم). وفيما عدا العناصر الأربعة الرئيسية التي أشرنا لها والتي تشكل هالة تحيط بترسبات اليورانيوم (شكل رقم 3-54) فإن هناك عناصر أخرى مصاحبة لليورانيوم تنتشر معه أيضا في أوساط المياه ورسوبيات الأنهار وتختلف تلك العناصر باختلاف طبيعة ترسبات اليورانيوم.

3-5-3: مراحل عمليات الاستكشاف الجيوكيميائي لليورانيوم

يتضمن التسلسل المنطقي والعملي لعمليات الاستكشاف الجيوكيميائي عن ترسبات اليورانيوم المراحل التالية:

1: الاستكشاف الجيوكيميائي الموجه (Orientation Survey)

وهي مرحلة أولية ومهمة يتم بوساطتها الوقوف على فاعلية أسلوب الاستكشاف الجيوكيميائي عن خامات اليورانيوم في المنطقة ، ويتحدد في هذه المرحلة طبيعة النمذجة ومقياسها وأسلوب جمع النماذج. ويتم إجراء عملية المسح الجيوكيميائي الموجه في منطقة يعرف عنها تواجد ترسبات لليورانيوم فيها ، ويعتبر ذلك أساسيا لضمان سلامة التخطيط لبرنامج الاستكشاف المطلوب في مناطق أخرى. وفي حالة عدم وجود مثل هذه الترسبات في المنطقة فمن الممكن الاعتماد على نتائج التحري الموجه في منطقة أخرى مماثلة للطبيعة الجيولوجية والبيئية للمنطقة المطلوب التحري فيها.

إن معطيات المسح الموجه إضافة لكونها تساعد في اختيار طبيعة النماذج (تربة، رسوبيات، مياه ، هواء ، نباتات) فإنها تحدد المسافات البينية المناسبة

لمواقع النماذج التي يمكن أن تعكس الشواذ الجيوكيميائية بأقل تكلفة، كما أنها تحدد أسلوب جمع النماذج كأن تكون سطحية أو من على عمق معين بالنسبة للتربة أو ضفاف الأنهار، وتحدد كذلك هذه المعطيات طبيعة العناصر المطلوب تحليلها واختيار الطريقة التحليلية المناسبة على ضوء طبيعتها.

2: الاستكشاف الجيوكيميائي الإقليمي (Regional Exploration)

ويسمي أيضا الاستكشاف الاستراتيجي ، ويتم ضمن مقياس يتراوح بين 1:25000، 1: 200000 وتستهدف هذه المرحلة من الاستكشاف اختيار المناطق الملائمة والمحتملة لتواجد ترسبات لليورانيوم. وتعتبر المياه السطحية ورسوبيات الأنهار وكذلك المياه الجوفية وسطا ملائما للنمذجة لأغراض هذا النوع من المسوحات حيث تنعكس آثار ترسبات اليورانيوم في المنطقة على شكل شواذ جيوكيميائية لأحد العناصر التي أشرنا إليها ولمسافات بعيدة حول موقعها.

3: الاستكشاف الجيوكيميائي التفصيلي (Detailed Exploration)

وهي مرحلة وسطي من مراحل عمليات الاستكشاف الجيوكيميائي ، وتستهدف فرز مناطق ذات احتمالات عالية لتواجد ترسبات اليورانيوم فيها وذلك على ضوء معطيات المسح الإقليمي.

وتغطي هذه المرحلة عدة كيلو مترات مربعة من المساحات ويتراوح مقياس العمل بين 1:25000 و 1:5000.

وتهدف هذه المرحلة إلى التقييم التفصيلي للشواذ الجيوكيميائية وتحديد مواقعها وارتباطاتها الجيولوجية. وهي تتضمن نمذجة التربة في النهايات السفلي للمنحدرات والسفوح وبمسافات تتراوح ما بين 50 إلى 100 متر. وعلى ضوء

النتائج المتحصل عليها من هذه المرحلة يمكن اختيار الطريقة أو مجموعة الطرق الملائمة لعمليات الاستكشاف اللاحقة لمتابعة الشواذ الجيوكيميائية المرصودة.

4: الاستكشاف الجيوكيميائي التكتيكي أو المنتخب

وهي المرحلة الأخيرة وتستهدف تحديد مواقع رواسب اليورانيوم المحتملة ودراسة امتداداتها على ضوء معطيات المسح التفصيلي ، ويتراوح مقياس العمل بين 5000:1 و 500:1. وتعتبر التربة هي الوسط الملائم للنمذجة وتحدد مواقعها شبكة منتظمة تتراوح أبعادها بين 5 و 10 أمتار ، كما يمكن أن تشمل النمذجة أيضا الصخور الموجودة لدراسة انتشار اليورانيوم فيها بغية الوصول إلى فهم أفضل لطبيعة التواجدات المعدنية.

وإذا ما أردنا تقييم فاعلية أسلوب الاستكشاف الجيوكيميائي عن ترسبات اليورانيوم فإن الخبرة العالمية غنية بالأمثلة والشواهد التي لا مجال لعرضها ولكن لا بد من الإشارة إلى خلاصة تلك الخبرة المتراكمة في مجال استكشاف رواسب اليورانيوم في العالم، والتي توصلت إلى أن استكشاف رواسب اليورانيوم وتقييمها لا يمكن أن يتم إلا بوسائل وطرق استكشافية مركبة من الطرق الجيوفيزيائية (الراديو مترية) والجيوكيميائية والجيولوجية التي تتفاعل فيما بينها للوصل إلى الكشف عن رواسب خامات اليورانيوم[46].

3-6: مرحلة الحفر Drilling Stage

لغرض إكمال جميع المعلومات بصورة دقيقة عن الرواسب الحاملة للمعادن واستخلاص معلومات تحت سطحية مفصلة حول توزيع وسمك وشــكل الطبقــات الحاوية للخام يتم حفر شبكة منتظمة من الآبار تغطى منطقة الشــذوذ الإشــعاعي العالي بأسلوب حفر لبي (Core drilling) حيث يتم تجميع عينــات منتظمــة للبــاب الصخري المستخرج وتحليلها لتعيين توزيع تراكيز الخــام المشــع فيهــا لغــرض التخطيط لشكل وأسلوب الأعمال المنجمية الواجب عملها في مراحــل الاســتخراج اللاحقة. وكذلك دراسة الجدوى الاقتصادية لذلك الخام. هذا بالإضافة إلــى أعمــال الجس البئرى الشعاعي المختلفة (Well logging) وتقنياتها المستعملة لكافــة الآبــار المحفورة.

يعتبر الحفر من أهم وسائل استكشاف اليورانيوم كما أنه يكــون ذو فائــدة كبيرة في عمليات التقييم والتنمية لرواسب اليورانيوم. ويعتبر الحفر الاستكشافي أقل تكلفة من الأنفاق الاستكشافية والتي تمثل مرحلة تالية للحفر في معظــم الأحــوال. وعلى ذلك فإن برنامج الحفر الذي يخطط له تخطيطا جيدا لا يعتبر مضيعة للمال، فإذا تم اكتشاف الخام بواسطة الحفر فإن أعمال المناجم الاستكشافية التالية لا تمثــل مخاطرة ويمكن التخطيط لهذه الأعمال بناءا على نتائج الحفر لتكون طريقة تنفيذها اقتصادية. ومن الناحية الأخرى إذا لم يتم اكتشاف الخام بواسطة الحفر فتكون قــد ادخرنا التكلفة العالية التي يمكن أن تصرف في المناجم، ولذلك يمكن استخدام الحفر في معرفة حدود الخام وذلك لتقليل المساحة التي سوف تختبر أو تستكشف بواسطة طريقة الأنفاق المكلفة.

وفى بعض الأحوال يكون الحفر الاستكشافي غير ممكن أو أكثر تكلفة مـن الأنفاق الاستكشافية وخاصة في النوع العرقي لرواسب اليورانيوم Abdel Monem) and Salman[40] (1988 . فمثلا عندما تكون تضاريس المنطقة عالية واتجاه ميـل العرق إلى داخل الجبل، فإنه يصعب نقل ماكينة الحفر إلى ارتفاعات عالية بالإضافة إلى أن عمق البئر الاستكشافي سوف يكون كبيرا وأكثر احتمالا للتعرض لمشـاكل فنية وعلى ذلك يكون الحفر في هذه الحالة غير اقتصادي وغير مناسب ، كما يظهر في الشكل رقم (3-55) الذي يوضح عرق لتمعدنات اليورانيوم يميل في اتجاه الجبل الذي يتميز بتضاريس عالية وشديدة الانحدار حيث يصعب الحفر الاستكشافي، فـي هذه الحالة ويفضل عمل منجم استكشافي. كذلك يمكن تصميم آبار حفـر بالنظـام المروحي (Fan Shaper) لكي يتم استكشاف خامات اليورانيوم علي أكثر من مستوي (شكل 3-56).

وتكمن منافع الحفر في المعلومات التي يمكن الحصول عليها مـن نـواتج الحفر سواء كانت عينات لبية ، كسر الصخور ، تـراب أو خلافـه بالإضافة إلى القيـاس الإشعاعي للبئر. ولكي تتم الاستفادة من بـرامج الحفـر فلابد من الحفظ الجيد أولا بأول لتسجيلات الحفر وهذا يعتبر أساسا لكفائة عمليـات الحفر. بالإضافة إلى ذلك فإنه من الأهمية بمكان حفظ السـجل الخـاص بعمليـات الحفر الميكانيكية ، ووصف ورسم لوحة لكل بئر وأرشفتها وحفظها بطريقة سليمة لكل برنامج حفر على حده كما في اللوحتين الموضحتين في أخر هـذا الجـزء (أشكال3-57 ، 3-58).

ولما كان الهدف الرئيسي للحفر هو الحصول على المعلومات والتي تستمد أساسا من العينات والرسم الخاص بالبئر مثل العمود الجيولوجي ورسومات سـبر الآبار (Gamma - Logs) فإنه لابد من العناية التامة للحصول على عينـات دقيقـة

وممثلة للبئر. ولابد أن يشعر الحفار والجيولوجي القائم على البئر بذلك. فمـــثلا إذا فرنا بئرا عمقه 100 مائة متر وأن سعر حفر المتر 1000 جنيـــه ألـــف جنيـــه مصري وذلك لقطع نطاق لتمعدنات اليورانيوم سمكه 20 سم لأخذ عينة من هـــذا النطاق. وعليه فإن عينة سمكها 20سم قد تكلفت 000 100جم (مائة ألـــف جنيـــة مصري). وهذا يوضح أهمية هذه العينة وما تتطلبه من المحافظة عليها واستخدامها للحصول على أكبر قدر من المعلومات التي تخدم استكشـــاف اليورانيـــوم وتقيـــيم رواسبه.

ومن الجدير بالذكر أنه خلال عمليات الحفر الماسي فإنه لابـــد مـــن جمـــع عينات الفتات الصخرية والرمل في صندوق خاص مصنوع من المعـــدن. ويمكـــن تجهيز مجموعة من تلك الصناديق المعدنية لتكون معده ليوضع إحداها لتلقى محلول ناتج الحفر من البئر ويمكن تغييره بصندوق أخر كل نصف متر أو متر تقدم أثنـــاء الحفر وتترك هذه الصناديق المعدنية مدة كافية حتى ترسب فتات الصخور والرمل العالق وبعد ذلك تجمع وتوضع في أكياس. وتؤخذ هذه العينات وبانتظام خلال حفر البئر كله ، ثم تخزن بعد ذلك في موقع الحفر. وعند إتمام حفر البئر وعمـــل ســـبر للبئر (Gamma Ray Logging) فإنه يتم تحديد النطاقات الهامة، وعلى ذلـــك يمكـــن إرسال العينات الفتاتية التي تمثل هذه النطاقات لتحليلها.

شكل 3-57: لوحة بيانات لبئر الحفر

الموقع : رقم البئر:

المنطقة:

موقع البئر بالإحداثيات: خط طول: خط عرض:

الارتفاع: اتجاه الحفر: ميل البئر:

تاريخ بدأ الحفر: تاريخ الانتهاء من

الحفر:

العمق النهائي للبئر: كميـــة ســـاعات

العمل:

الطول الكلى للعينات اللبية: نسبة الاسترجاع:

تم وصف البئر بواسطة: **في**

تم قياس النشاط الإشعاعي بواسطة: في

من : إلي (متر)	طول العينة	% الاسترجاع	الإشعاع عدة في الثانية	الوصف الجيولوجي

شكل 3-58: لوحة لرسم بئر الحفر

الموقع: رقم البئر

المنطقة:

موقع البئر بالإحداثيات: خط طول: خط عرض:

الارتفاع: اتجاه الحفر: ميل الحفر:

العمق النهـــائي: طـــول العينـــات اللبيـــة: نســـبة

الاسترجاع:

تم وصف البئر بواسطة: بتاريخ:

تم قياس النشاط الإشعاعي بواسطة: بتاريخ

Scale (m)	Core Size	Core		Rad. Log	Equiv. U_3O_8	Geol. Log	
		Rad.	U_3O_8%				
المقياس (م)	حجم اللب	اللب		التغيير الإشعاعي	مكافئ U_3O_8	التغيير الجيولوجي	السبر الإشعاعي

أما العينات اللبية فإنه يتم تخزينها في صناديق خشبية أو معدنية بها قنوات ذات مسافة مناسبة لقطر العينة اللبية ، ويراعي أن يفصل بينهما علامات من الخشب أو المعدن توضح طول العينة وبعدها عن سطح البئر. ويتم توصيف تلك العينات وعمل عمود جيولوجي بواسطة الجيولوجي الملازم للحفر. ويتم قسمة العينات اللبية طوليا بواسطة منصف اللب Core splitter لأخذ جزء لإجراء التحاليل المختلفة عليه ويحفظ الجزء الثاني بالصندوق. ويتم حفظ العينات بطريقة منظمة في مخزن خاص بالقرب من الموقع الرئيسي للجهة حتى يسهل إمكانية الرجوع إليها وقت الحاجة. هذا ومن الضروري المحافظة على تلك العينات حيث أنها تكلفت الكثير للحصول عليها.

3-6-1: السبر الإشعاعي للآبار (Gamma Ray Logging)

اعتمادا على النتائج الدقيقة والمكثفة للمسوحات التفصيلية السطحية ، وكذلك على نتائج تحاليل العينات الصخرية المأخوذة من المنطقة الممسوحة، يتم وضع مخطط تفصيلي لعملية حفر عدة آبار لتغطية القواطع المنتخبة وذلك لإجراء عملية الجس البئري فيها.

يتم في المرحلة الأولى حفر مجموعة من الآبار علي مسافة بينية (100 - 200م) على امتداد خطوط متوازنة يبعد الواحد منها عن الآخر بمسافة تتراوح بين (1-2 كم). ويكون المقصود بهذه العملية إعطاء صورة واضحة لتحديد المواقع المتميزة والتي تحتوي على تراكيز معدنية عالية.

ويمكن أن تصل المسافات البينية إلي (10 - 50م) وذلك لتعيين حدود وحجم وعمق ومرتبة تمعدن الخام، ويمكن عند الضرورة تكثيف شبكة الحفر إلى مسافة بينية تصل إلي عشرة أمتار عند القيام بالحسابات الاقتصادية النهائية.

تتم عملية السبر بواسطة إنزال مجس حساس لأشعة جاما داخل البئر ويكون مربوط بسلك توصيل إلى مجموعة أجهزة تسجيل ، والتي تبين التغيرات في شدة أشعة جاما خلال اختراق الطبقات الصخرية.

وكنتيجة لهذه العملية يمكن وضع صورة واضحة لتوزيع مسببات الإشـــعاع خلال المقطع الصخري المخترق لكل بئر من الآبار المدروسة. هذا بالإضافة إلـــى أن أسلوب الحفر المستعمل لهذا الغرض غالبا ما يكون من نوع الحفر اللبي (Core drilling) بحيث تتم نمذجة اللباب الصخري وإرساله إلى مختبرات التحليل لتعيـــين نسب المعادن المشعة ونوعيتها.

بعد ذلك، تجمع كافة النتائج المحصلة ويوضـــع مخطـــط مجســـم (block diagram) ذو ثلاثة أبعاد يمثل شكل وتوزيع وأنواع المعادن المشعة الموجودة والتي تعكس حجم وامتداد الخام أفقيا وعموديا. ومناطق توزيع التمعدن العالية التركيـــز. وعلى أساس هذه النتائج تعمل دراسات لاحقـــة تخـــتص بمرحلـــة الاســـتخراج (Exploitation) والطريقة المثلى الواجب إتباعها لهذا الغرض .

وتوجد نوعيات كثيرة من الأجهزة الخاصة بقياس الآبار إشـــعاعيا (ســـبر الآبار)، وخلال استخدام هذه الطريقة فإنه لابد من تسجيل جميع البيانـــات بطريقـــة صحيحة على الرسم الخاص بالبئر. وهذه البيانات تشمل قراءات الجهـــاز، العمـــق المسجل ، وقطر البئر، وسمك أنبوبة التبطين وطولها إن وجدت، وحالة البئر هـــل هو جاف أو به مياه.

وتعتبر هذه البيانات مهمة في عمليـــة الاســـتنتاجات الخاصـــة بـــالقراءات الإشعاعية. والهدف النهائي لهذه العملية هو تحويل قراءات أشعة جامـــا آلتـــي تـــم تسجيلها إلى مكافئها من ثامن أكسيد اليورانيوم U_3O_8 ، وبالتالي معرفة تركيز الخام.

ولحساب ذلك فإنه يمكن استخدام بعض المعادلات النظرية ، والتي تصبح معقدة بوجود الكثير من المتغيرات مثل التبطين (casing) وقطر البئر وجفاف البئر أو وجود مياه به ....الخ. ويوجد بعض الأجهزة الحديثة التي يمكن عمل كل هذه الحسابات بإدخال نتائجها في الحاسب الآلي. ولكنه من الأهمية عمل معايرة للجهاز الذي يستخدم في سبر الآبار حيث أنه بدون ذلك لا يمكن الحصول على نتائج صحيحة، ويوجد عدة طرق لمعايرة تلك الأجهزة .

ومن هذه الطرق هو جمع بعض المعلومات من قطاع متمعدن يعد تحت ظروف معينة، ويتم أخذ قراءات إشعاعية مع تعيين لنسبة اليورانيوم في نفس الأماكن، ويمكن رسم علاقة بين القراءات الإشعاعية وقيم التحاليل حتى يمكن عمل خط للمتوسط يمكن استخدامه بعد ذلك في تعيين نسبة ثامن أكسيد اليورانيوم المكافئ للقراءات الإشعاعيه.

وهناك طريقة أخرى ، وهى منتشرة ، وفيها يتم عمل بئر صناعي اختباري يتكون من قطاع على شكل دائرة أو نصف دائرة ويملأ بخام معروف نسبة ثامن أكسيد اليورانيوم فيه. ويمكن خلط الخام بأسمنت ووضعه حول برميل الذي يمثل أنبوبة التبطين وبعد ذلك يمكن أخذ عينات من مكعبات الأسمنت المخلوط بالخام وتعيين نسبة U_3O_8 به ويمكن عمل هذه الطريقة عدة مرات مع تغيير خلطة الأسمنت والخام ، وسمك برميل التبطين والقطر.

أما الطريقة الثالثة فإنه يمكن حفر عدد من الآبار المختارة (shafts) ، ويتم جمع عينات بطريقة دقيقة من حوائط هذه الآبار وتحليلها ومقارنتها بالقراءات الإشعاعية بجهاز سبر الآبار التي تم جمعها. ومن ذلك يمكن رسم منحنى بياني .

الذى يستخدم بعد ذلك في تعيين نسبة ثامن أكسيد اليورانيـوم المقابلـة للقـراءات الإشعاعية التي تم قياسها في الآبار الأخرى التي يتم حفرها في المنطقة.

ومن بين هذه الطرق التي يتم جمع المعلومات خلالها من الآبار التي يـتم حفرها في مواقع رواسب اليورانيوم، فإن العينة اللبية تعتبر غاية في الدقة إذا كانت نسبة الاسترجاع 100 % . وتعتبر النتائج التي يتم الحصول عليها من جهاز سـبر الآبار الذي تم معايرته جيدا ، وغالبا ما تؤدى الخبرة إلى الحصول على المعلومات من تلك المصادر الثلاثة جمعاء.

وتوضح نتائج التحاليل النهائية للعينات أو القيم المكافئة للتحاليل والمستنبطة من القياسات الإشعاعية للآبار على الرسم الخاص بالبئر، وذلك بعد عمل تصـحيح للسمك الخاص بالبئر ليكون سمكا حقيقيا مع الأخذ في الاعتبار ميل البئر والتراكيب الجيولوجية التي يكون قد مر بها وميل نطاق التمزق نفسه والزاوية بـين القطـاع المشتمل على البئر ونطاق التمزق الحاوي على تمعدنات اليورانيوم.

هذا وسوف يتم معالجة قيم التحاليل بعد ذلك ، ولكن الغرض النهـائي هـو وضع قيمة التحاليل وسمك الخام الحقيقي على خريطة أو قطاع في صـورة بسـط ومقام. وفى النهاية يمكن الحصول على خرائط تحاليل لبرنامج الحفر موضحا عليها جميع المعلومات التي تم جمعها.

3-7: مرحلة المناجم الاستكشافية

3-7-1: مقدمة

تختلف عادة المناجم الاستكشافية عن المناجم الخاصة بأعمال التنمية. فـإن الهدف من المناجم الاستكشافية هو تحديد حجم وتركيز الخام. هذا ومـن الجـدير بالذكر أنه إذا وضعت خطة جيدة لتنفيذ المناجم الاستكشافية فإنه يمكن تحويلها بعـد ذلك إلى مناجم للتنمية أو الإنتاج إذا ثبت اقتصادية الخام ، ويفضل أن يؤخذ ذلك في الاعتبار بقدر الإمكان عند تصميم المناجم الاستكشافية. وتعتمد المناجم الاستكشافية التي لم يسبقها حفر آبار على البيانات الجيولوجية والتركيبية والطبوغرافية المتاحة. وفى هذه الأحوال لابد أن يؤخذ في الاعتبار ظهور نتائج غير متوقعة. فمن الممكن أن تسبب عمليات الإزاحة التىتقوم بها بعض الصدوع والفوالق اختفاء عرق الخام أو التغير في الميل ، ولذلك فمن الأفضل أن تصمم المناجم الاستكشافية في اتجاهات عدة للوصول إلى بعض الأجزاء المتأثرة بالصدوع. ولذلك فلابد لسياسة التنقيب أن تأخذ في الاعتبار كل هذه الاحتمالات بحيث تكون تكلفة المتر الـذي يحفـر فـي صخور خالية من الخام معقولة. وهناك بعض المقولات التي تحبذ - خلال أعمال التنقيب المنجمى الضحل - أن تبدأ بالمكان الذي يظهر فيه الخام ، ثم تتبعه ونبقـى معه. وهذه هي الحالة المثالية ، ولكن ذلك غير ممكن في كثير من الأحوال.

أما عند تنفيذ أعمال منجمية بعد برنامج لحفر الآبار والـذي حـدد بقـدر الإمكان شكل الخام وأبعاده فإنها تدخل في نطاق أعمال منجمية بغرض التنميـة أو على الأقل يكون جزءا منها يخدم أغراض التنمية. ومن الضروري أن يتم خـلال

هذه الأعمال جمع العينات المنتظمة وإجراء القياسات الإشعاعية والتركيبية لتخـدم في النهاية حساب الاحتياطي (47).

ومن الجدير بالذكر أنه في حالة أعمال التنمية التي تلي تحديد معالم جسـم الخام بواسطة الحفر فإنه من الممكن عمل برنامج متكامل ينفذ على مراحل، ويعتمد تنفيذ كل مرحلة على نتائج المرحلة السابقة، ويؤخذ فـي الاعتبـار العلاقـة بـين المصروفات والنتائج التي يتم الحصول عليها ونسبة المخاطرة وإمكانيـة التغلـب عليها.

ويعتبر الغرض من هذه المناجم هو استكشاف حدود الخام وتحديد كميته من خلال جمع عينات ممثلة له. وفيما يلي الطرق الخاصة بجمع العينات والتي تعتبـر أساسا لعمليات التقييم. ومن الجدير بالذكر أن هذه الطرق يمكن تطبيقها أيضا أثنـاء عمليات حفر الآبار الاستكشافية أو الخنادق(Trenches) .

3-7-2: العينات المنجمية

3-7-2-1: القواعد العامة

تعتبر معظم الخامات خليط من المعادن تختلف نسبتها من مكان إلى آخـر في نفس الخام، كذلك تختلف نسبة الفلزات التي تكون تلك المعادن في أجزاء الخـام المختلفة. وعلى ذلك فإن عينة واحدة عند أخذها من أي مكان لا تحتوى على نفـس النسبة من الفلزات في كل الخام إلا في حالة نادرة واحدة التي يكون فيها جسم الخام متجانس بدرجة عالية وهذا مالا يمكن حدوثه في الطبيعة.

ويكون الخطأ المحتمل من أخذ عينة واحدة كبيرة جدا، ويبدأ في التنـاقص كلما زاد عدد العينات التي تم جمعها. وعندما يكون عدد العينات غير كـافي فـإن درجة الثقة تقل بالنتيجة، وعندما تزيد عدد العينات أكثر من اللازم فإن التكلفة تزداد

بطريقة كبيرة. وفى الحقيقة فإنه لا يوجد طريقة محددة لتقرير عدد العينات المطلوبة مقدما ، ولكنها تعتمد أساسا على الخبرة التي تكتسب تدريجيا والتي يمكن على أساسها معرفة العدد الصحيح من العينات وطريقة توزيعه على جسم الخام.

وعلى وجه العموم فإن التغيير الغير منتظم في نسبة المعادن الاقتصادية في الخام يتطلب تكثيف عدد العينات التي يتم تجميعها من هذا الخام. وهذا يوضح مدى المساعدة التي يمكن أن يقدمها المسح الإشعاعي الجيولوجى عندما يرغب في اختبار جزء غير معروف من الخام. فإن التوزيع الغير منتظم للإشعاع يتطلب زيادة كثافة العينات، كما أن الثبات النسبي في الإشعاع يتطلب كثافة أقل من العينات والتي يمكن أن تعطى في نفس الوقت معلومات دقيقة وكافية عن الخام. ومن المعروف أن الدقة في جمع العينات تعتمد ليس فقط على عدد العينات بل تعتمد أيضا على التوزيع الأمثل للعينات بالنسبة لجسم الخام. ولابد أيضا أن يتم تجميع العينات طبقا للأسس الجيولوجية..

وتشمل الطرق الرئيسية لجمع العينات استخدام الحفر، ولكنه إذا كان الخام مكشوف على السطح أو في الأعمال التحت السطحية فإن الطريقة المعتادة هي تكسير جزء من الخام لتجميع بعض العينات بطريقة منتظمة. وتعرف الطريقة المعتادة لذلك بالطريقة القنوية لتجميع العينات.

3-7-2-2: العينات القنوية

3-6-2-2-1: الطريقة

تتمثل هذه الطريقة في تكسير العينة القنوية في السطح المكشوف للخام ، وتجميع النواتج سواء قطع صخرية ، فتاة أو تراب من كل قناة لتكوين العينة. وقبل تكسير العينة فلابد من تنظيف سطح الخام المنكشف لإزالة الغبار والفتاة والأملاح

الذائبة. ويغسل هذا السطح ويكحت لإظهار السطح الأصلي .(Fresh surface) ويتم تحديد مكان العينة القنوية بخطين متوازيين على الصخر. ويتم تحديد عرض أو ارتفاع العينة القنوية ويتم تثبيت هذه المقاييس لجسم الخام الواحد، وهى في العادة حوالي 10 أو 20 سم. ويتم التكسير بواسطة شاكوش أو مطرقة وأجنه (chisel) ، أو بواسطة آلة حفر في بعض الأحيان. ويتم تثبيت عمق العينة القنوية في جسم الخام الواحد، وهى عادة تتراوح بين 2سم إلى 5سم.

ويتولى القيام بهذا العمل فرديين ، الأول يقوم بعملية التكسير والثاني يقوم بجمع نواتج التكسير في صندوق أو كيس من القماش السميك أو على قطعة من القماش منبسطة على الأرض .ومن الجدير بالذكر أن تراعى الدقة التامة في جمع العينة، فلا يسمح بضياع أي جزء من الكسرة الناتجة من الموضع المحدد للعينة ، كما لا يسمح بأخذ أي جزء من خارج هذا الموضع لضمه إلى العينة. تحفظ العينة التي تم تجميعها في كيس متين وتلصق عليه في الحال البيانات الخاصة بالعينة. وأنه لابد من استخدام نظام ثابت لبيانات العينات (Sample card) لكل هيئة أو مؤسسة. ومن الضروري كتابة بيانات كل عينة أثناء تجميعها. وإذا كانت العينة مبللة فيمكن وضع ورقة البيانات الخاصة بها في كيس من البلاستك قبل تثبيتها بكيس العينة. ويمكن تصميم كارت بيانات العينة كما يلي : عبارة عن نوتة تشتمل على مائة كارت مسلسل بمقياس 21X10 سم مقسم إلى عمودين: الجزء اليمين يمثل رقم العينة والمطلوب، أما الجزء الأيسر يشتمل على بيانات العينة كما يلي:

الرقم أ - ...1	:	رقم : أ □ - 1...
المطلوب	:	التاريخ
	:	الموقع
	:	عينة عامة
	:	عينة من الخندق
	:	عينة من الحفر - بئر رقم...
	:	فتات من ...إلى ... لبيـــة مـــن ...إلـــى
...عينة من المنجم		
	:	الأبعاد : الطول ... العرض
	:	الإشعاع: التحليل المطلوب:
	:	النتيجة : التوقيع:

3-7-2-2-2: قياس عرض العينة

إذا كان عمق وعرض القناة (channel) ثابت في جسم خام معين ، كما هـــو معروف ، وعلى ذلك فإن القياس الوحيد الذي يجب تسجيله هو طول القناة (Length of channel) والذي يمثل عرض العينة. ويعتبر عرض العينة أهم القياسات والتي تدخل في حساب متوسطات الحجم ، الطنية، احتياطيات الخام وقيمة الخام. ويمكن إيضاح عرض العينة وأبعادها الأخرى كما فـــي شكل 3-59.

ومن الأهمية بمكان أن تقطع العينة القنوية عموديا علـــى حـــوائط نطـــاق التمعدن حيث أن هذا يمثل العرض الحقيقي للنطاق مباشرة وهذا هو المطلوب فـــي الحسابات. وأحيانا يمكن قطع العينة عموديا على نطاق التمعدن ، وذلك بتجزئتهـــا كما في الشكل رقم 3-60.

فإذا كانت العينة مائلة على نطاق التمعدن وجب حساب العـــرض الحقيقـــي لها. وفي حالة تجزئة العينة وأخذها عموديا على نطاق التمعدن فإنه في هذه الحالة يكون عرض العينة هو مجموع عرض الثلاث عينات. ويمكن اعتبار كل جزء عينة منفصـــلة ثم أخذ المتوسط التحليلي الذي يمثل العرض الإجمالي للـــثلاث عينـــات (شكل 3-60).

3-7-2-2-3: المسافة الفاصلة بين العينات

تعتمد المسافة البينية بين العينات على درجة الانتظام في توزيع التمعـــدنات كما ذكرنا من قبل. وعموما فإن المسافة البينية في حالة الرواسب العرقية للمحاليل الحارة تكـــــــون في حدود أثنين متر ، ولكن إذا كان الخام موزع بطريقة غيـــر منتظمة ربما تصل المسافة البينية إلى متر واحد.

ومن الجدير بالذكر فإنه لابد من تحديد مسافة بينية للعينات في خام معين ، والالتزام بهذه المسافة خلال جمع العينات في هذا الخام وعدم تغيير المسافة البينية من آن لآخر. وهذا يوضح أنه بالإضافة أن ذلك يعطى العمل صورة نظـــام ثابـــت فإنه في نفس الوقت يتحاشى معامل التغير في المسافات البينية عند أخذ متوسط القيم وحساب طنية احتياطي الخام.

3-7-2- 2- 4: قياس الإشـــــــعاع

بالرغم من إمكانية معايرة جهاز سبر الآبار (Gamma Logging) والوصول إلى نتائج معقولة لتعيين نسبة ثامن أكسيد اليورانيوم(U3O8) ، فإنه لم يتم حتى الآن الوصول إلى طريقة دقيقة لقياس النشاط الإشعاعي في مواقع أخذ العينات القنوية في مناجم اليورانيوم. وقد تم التوصل إلى استخدام جهاز عد إشعاعي محمى بدرع من الرصاص لاستخدامه في القياسات الإشعاعية داخل المنجم ومع ذلك فإنه يصـــعب العمل به داخل الظروف المنجمية.

وتجدر الإشارة إلى أن استخدام القياسات الإشعاعية داخل مناجم اليورانيوم ما هو إلا نوع من الإرشاد والاختبار أثناء جمع العينات القنوية. ويجب أن يكـــون هناك طريقة ثابتة لقياس مكان العينة القنوية عند تحديده قبل وبعد أخذ العينة بجهاز به نافذة لقياس جسيمات بيتا ، ويسجل متوسط القراءتين على كارت العينة. وتمثــل هذه القراءات اختبار على العينة وعلى التحليل، وخاصة عند ظهور خطأ واضـــح مثل اختلاط بعض العينات ببعضها أو فقدانها. ويمكن استخدام هذه القراءات أيضـــا لرسم منحنى مع نتائج التحاليل النهائية ، ويمكن استخدام هذا المنحنى فـــي عمليـــة معايرة جهاز المسح الإشعاعي المستخدم. كما أنه يمكن أن يفيد ذلك فـــي التقيـــيم العام للمواقع الجديدة أو في مناجم أخرى ... الخ. والتي تحتاج إلـــى أخـــذ فكـــرة مبدئية. ولا يمكن اعتبار هذه القيم مناسبة أو جيدة لاستخدامها في حسابات التقيـــيم النهائي للاحتياطي.

3-7-2-2-5:اختصار حجم العينة

يعتمد حجم العينة الأصلية على أبعاد القناة (channel) التي تـــم الاتفـــاق عليها ، وهذا يعتمد بدوره على طبيعة الخام. ففي معظم رواسب المحاليل الحـــارة

حيث يوجد عدم تجانس في توزيع معادن الخام ، يمكن اختيار أبعاد العينة بحيث تكون وزنها في حدود عشرة كيلوجرامات. وفي غالبية رواسب الخامات المتجانسة يمكن لعينة في حدود كيلوجرام واحد أن تفي بالغرض المطلوب.

إن تجهيز العينة يعتبر نوعا من التقنية ، بل إنه يعتبر في غاية الأهمية ، فالنظافة التامة أثناء هذه المرحلة تعتبر أساسية. إن اختصار العينة من حجمها الطبيعي إلى الكمية التي ترسل للتحليل لابد أن تسير وفق نظام محدد حتى نضمن أن هذه العينة المختصرة تمثل بحق العينة الأصلية، وهذا يستدعى أنه في كل مرحلة يجب أن تراعى التجانس التام في العينة وعدم فقدان أي جزء منها يمكن أن يخل بهذا التجانس. كما يجب مراعاة أن لا يخل ذلك بقيمة التركيز النهائي للعينة.
وهناك العديد من المناضد (Tables) يمكن استخدامها في عملية اختصار العينة دون أن يتأثر متوسط الخام.وعادة ما يتناسب وزن العينة مع حجم القطع المكونة لها، أي قطر القطع الصخرية كما في الجدول التالي:

وزن العينة(كجم)	حجم أكبر قطعة في العينة (قطر (سم)
500	5,00
100	3,00
20	1,50
5	0,50
أقل من 5	أقل من 0,50

وتختصر العينة بواسطة التكسير ، التقسيم والطحن. وتتم عملية التقسيم بواسطة جهاز ريفل (Riffle sampler) أو بأخذ اللب وتقسيمه رباعيا، ومن الطبيعي أن العينة النهائية سوف تكون دقيقة الحبيبات ، - 100 (مش) ووزنها في حدود

200 جرام. ومن الضروري عمل عينة أو اثنين تكرارية لكل عينة حتـــى يمكـــن الرجوع إليها في المستقبل عند الحاجة.

3-7-2-3: طرق أخرى لجمع العينة

تعتبر العينة القنوية (Channel Sample) هي الطريقة المثلى المقبولـــة فـــي معظم الأعمال المنجمية ، ولكنه توجد طرق أخرى لجمع العينة في بعض الحالات، ربما لأغراض أخرى أو بالإضافة إلى العينات القنوية مثل:

-**عينات جزاذية** :(**Chip samples**) تؤخذ عدة جذات على خط مســـتقيم أو بطريقـــة عشوائية من المنكشف أو من واجهة التشغيل. ولكن هذا النوع من العينات لـــيس جيدا على وجه العموم ولا يكفى لاستخدامه في عمليات التقييم.

– **عينات الكباشة** : (**Muck samples**) تؤخذ كبشة من ناتج تفجير واجهة المـــنجم. وهذه العينات لا تستخدم في أعمال التقييم، وذلك لأخذ فكرة من أية عـــن الركـــام الناتج من تفجير واجهة التشغيل.

– **عينات العربة : (Car samples)** يؤخذ جر وف مملوء من كـــل عربـــة محملـــة بالخام. وتستخدم هذه العينات في تقدير الخام المستخرج أو الخام الذي يرسل إلـــى الطاحونة أو إلى المقلب.(dump)

3-7-2-4: التحليل

من المعروف أن الغرض من جمع العينات هو تقدير محتواها من المعـــادن أو الفلزات الاقتصادية ، ويعرف ذلك برتبة (grade) العينة أو رتبة الخام. وقد جرت العادة على أن الرتبة أو محتوى اليورانيوم في العينة يعبر عنه بنسبة محتواها مـــن

ثامن أكسيد اليورانيوم. (U3O8) إن محتوى ثامن أكسيد اليورانيوم هو الذي يستخدم حيث أنه يمثل الحالة التي يكون عليها المنتج النهائي لعمليات التجبيم.

وتعتبر قيمة ثامن أكسيد اليورانيوم حقيقية إذا كانت تمثل القيمة الكيمائية له، ولذلك فإن تحليل العينة لابد أن يتم على أساس المحتوى الكيميائي لثامن أكسيد اليورانيوم. وهذا يتم إما بالطرق الكيميائية المباشرة أو بالطرق الإشعاعية التي يمكن من خلالها تعيين المحتوى الحقيقي لثامن أكسيد اليورانيوم.

وقد توجد معادن اليورانيوم في الطبيعة في الأحوال المثالية في حالة توازن إشعاعي، وتعيين الإشعاعية في هذه الحالة يمكن أن يعطى مقياس حقيقي لمحتواها الكيميائي من ثامن أكسيد اليورانيوم. إن قياس جاما وبيتا المنبعثة من العينات في جهاز بيتا ، يمكن معيارته ليعطى المحتوى الحقيقي لثامن أكسيد اليورانيوم ، وتعتبر هذه هي الطريقة العادية لتحليل العينات الحاوية لليورانيوم. ويجدر الإشارة إلى أن العوامل الرئيسية التي لابد أن تؤخذ في الاعتبار وتصحيحها من الإشعاعات الصادرة من مصادر أخرى مثل الثوريوم ، والتغير في التوازن الإشعاعي في عينة الخام بسبب الإذابة التفاضلية لليورانيوم والراديوم.

ويراعى في طريقة التحليل أن تتوافر مجموعة من العينات القياسية والتي قد تم تعيين محتواها من ثامن أكسيد اليورانيوم بطريقة كيميائية دقيقة. وتستخدم هذه العينات للمقارنة مع العينات المطلوب معرفة محتواها من خامس أكسيد اليورانيوم. ولابد أن تكون هذه العينات القياسية في نفس الحالة من التوازن الإشعاعي مثل العينات المطلوب تحليلها. وللتأكد من ذلك فإن العينات القياسية المحللة كيميائيا لابد أن تكون مأخوذة من نفس نوع الخام. بالإضافة إلى ذلك فإنه من الضروري إجراء فحص روتيني للتوازن الإشعاعي وذلك بفحص بعض الأجزاء بواسطة الطرق الكيميائية. وكذلك يتم أخذ نسبه تتراوح بين 5 ، 10 % من العينات آتى تم تحليلها

إشعاعيا لتحليلها كيميائيا للتأكد من عدم وجود تغير في التوازن الإشعاعي. فإذا وجد أي تغير فإنه يتم ضبطه فـــي العينات الأخرى لتعطى القيمة الصحيحة لمكافئ ثامن أكسيد اليورانيوم، وإذا لزم الأمر فإنه يمكن تغيير العينة القياسية..

ومن الجدير بالذكر أن التعيين الكمي لثامن أكســيد اليورانيــوم بــالطرق الإشعاعية له بعض الميزات إذا ما قورن بالطرق الكيميائية لنفس العينة فهو أسرع وأرخص. ويستغرق القياس الإشعاعي للعينة ما بين دقيقة وخمسة دقائق للعينة ولا يستغرق الاستنتاج النهائي سوى وقت قصير ، ويمكن للمحلل الــذي يعمــل علــى الجهاز أن يقوم بتحليل مائة عينة في اليوم. ويلاحظ أنه فــي بعــض المؤسســات المنجمية أن معملها إذا استلم 50 كيلو جرام عينات في الصباح فإنه يــتم طحنهــا وتقسيمها وتجهيزها وتحليلها وتصبح نتائج التحليل جاهزة في نهاية نفــس اليــوم ، ويقوم بهذا العمل ثلاثة أفراد. علما بأن التحليل الكيميائي لنفس الكمية يستغرق مــن ثلاثة إلى أربع أيام ..

هذا ويتم حساب نتائج التحاليل لأغراض التقييم لأقرب رقمــين عشــريين، فمثلا إذا كان محتوى العينة من خامس أكسيد اليورانيــوم هــو 0,252 ، 0,248 % فإنها تصبح 0,25 % . وإن إضافة الرقم العشري الثالث والرابع إن وجد لن يكــون له أي أثر فعال على النتائج النهائية..

3-8: حساب احتياطي الخام

إن طرائق حساب احتياطيات خامات اليورانيوم والثوريوم لا تختلف كثيرا عن الطرائق المستخدمة في حساب الاحتياطيات لكثير من الخامات الأخرى، كذلك فإن الطرائق المستخدمة في حساب احتياطيات اليورانيوم هي نفسها تقريبا المستخدمة في حساب احتياطيات خامات الثوريوم (48). ولذلك سوف نقتصر الحديث هنا عن مناقشة طرائق حساب احتياطيات خامات اليورانيوم. وقبل مناقشة الطرق المستخدمة في حساب احتياطيات الخام ، فان هناك بعض الملاحظات التي لابد أن تؤخذ في الاعتبار والتي تتعلق بالسجلات والخرائط التي تحتوى على البيانات الأساسية الخاصة بالخام(47).

3-8-1 : السجلات المنجمية ونظام التخريط

يتحتم على كل مؤسسة أو هيئة تعمل في مجال التعدين أن يكون لها النظام الفعال الخاص بتجميع وتسجيل البيانات التي تستخدم في تقييم الرواسب المعدنية . فلابد أن يكون هناك تقرير يومي ، أسبوعي وشهري يوضح التقدم في العمل . كذلك يجب أن يكون هناك نظام منتقى لترقيم العينات مرتبطا بالموقع والمنجم والأنفاق المقطعية.

أما عن التخريط الجيولوجي المنجمي فإنه يفضل أن يتم على مقياس رسم 1: 100 ثم ينقل بعد ذلك في التقرير النهائي إلى 1 : 200 أو 1 : 250. أما بالنسبة لتخريط سقف المنجم فمن الأنسب أن يتم على ورق مربعات مليمترية

وباستخدام خطوط تمتد بين نقــط المساحة بالمنجم وتستخدم نفس الطريقــة لرســـم حوائط المنجم في قطاعاته المختلفة.

وأنه من الأهمية بمكان أن يكون هناك نظام ثابت معلــوم فـــي الهيئـــة أو المؤسسة لتسجيل بيانات التخريط ، ليس في الأعمال التحت سطحية فقط ، ولكن في جميع مراحل الاستكشاف والتنمية والتقييم. ولا يجب أن يســـمح للجيولـــوجيين أو المنقبين لاختيار أحجام أو مقاييس رسم مختــلفة للخرائـــــط فـــي التـــــقارير، وأنه لو سمح لذلك أن يحدث ، فانه سوف يتجمع العديد من التقـــارير المختلفـــة والخرائط الغير مصنفة وآتى لا تصلح المعلومات المستنبطة منها لتقييم الرواســـب المعدنية وربما تصل إلي درجة الاستحالة. ولذلك لابد من التشديد على اتباع نظام متسلسل ثابت لنظام التخريط والتقارير في جميع البرامج التـــي تتعلـــق بالمراحـــل المختلفة. ويمكن الاستعانة ببعض نظم تسجيل الخرائط الواردة في كتب الجيولوجيا المنجمية.

وهناك بعض الأنظمة المستخدمة والتي تشتمل على وحدة ثابتة للخرائط ذو مساحة مناسبة والتي تكون في حدود 105 × 70 سم بما في ذلك المســـاحة التـــي تشمل العنوان ومفتـــــاح الخريطة ...الخ. ويستخدم هذا الحجم كقاعدة دائمة يسجل عليها جميع البيانات آلتي يتم جمعها ويختلف مقيـــاس رســـم الخريطـــة بـــاختلاف غرضها : فالخريطة التي توضع عليه بيانات المنطقة تكون بمقياس رســـــــــم 1 : 5000 ، والخريطة الخاصة بالجيولوجيا السطحية والقطاعات المنجمية ترسم بمقياس 1 : 1000 ، ومقياس 1 : 500 لخرائط التعـــدين والحفـــر وتقاريـــــر احتياطي الخام. أما خريطة الجيولوجيا المنجمية ونتائج التحاليل فتكون بمقيـــــاس

1 : 250. وبصرف النظر عن مقياس الرسم ، فان حجم الخريطة لابد أن يكـون ثابتا مما يساعد على أرشفة هذه الخرائط بسهولة.

وتقسم المنطقة المعنية إلى وحدات (Blocks) تسمى طبقا لنظام مناسـب حيث تعطى كل وحدة اسم حرف في اتجاه واحد مثل أ ، ب ، ت ... الخ ، ويعطى الاتجاه العمودي أرقام مثـل 1 ، 2 ، 3 ، 4 ... الخ. ويمكن أن يضـاف رقـم المستوى (Level) بالنسبة لخريطة المنجم (أشكال 3- 61 و 3-62).

وإذا دعت الضرورة ، فإنه يمكن عمل مجموعة مرتبـة مـن القطاعـات الطولية والعرضية على الخرائط مقياس رسم 1 : 250 و 1 : 500 حسب خطوط الطول والعرض المحلية وآتى يمكن استخدامها في عمل رسم مجسم للموقع.

أما في الوحدة الأساسية والتي عادة ما تكـون بمقيـاس 1 : 250 فيوجـد مجموعتين من الخرائط : الخرائط الجيولوجية وخرائط التحاليل ، ويفضل الاحتفاظ بكل مجموعة على حدة بسبب

التعقيدات التي تظهر عند الرسم والكتابة، وحيث أن كلاهما مرسـوم علـى ورق شفاف (كالك) فإنه يمكن تطبيقهما معا لمقارنة قيم التحاليل بـالظواهر الجيولوجيـة والطريقة الصحيحة لتمثيل قطاع صغير في أحد العـروق فـي مسـتويين يمكـن توضيحها كما في شكل 3-63.

ويتضح أن وضع العينات مرتبطة بالنقط المساحية في المنجم ، وتتبع هـذه الطريقة في المناجم الأفقية والمصاعد (raises) والمهابط (winzes). ومن الجدير بالذكر أن رقم العينات لا يوضع على الخريطة، ويوضع الرقمين الـدالين علـى

تركيز أكسيد اليورانيوم وعرض العينة على امتداد مكان العينات القنوية إما علـــى جانب واحد أو على كلا الجانبين.

ويمكن كتابة الأرقام بطريقة واضحة بحيث لا تتداخل مع الرسم كمـــا هـــو واضح في القطاع السابق (شكل 3-63).

ومن الأهمية بمكان أنه إذا تم عمل هذا النظـــام الثابـــت فـــي تسجيـــــــل البيانـــات الجيولوجية

ونتائج التحاليل فسوف يكون فعالا ويمكن من خلاله حساب احتياطيات الخــــــام وتقييمها بسهولة بالغة.

3-8-2: متوسط التحاليل

3-8-2-1: العينات المقسمة

عادة ما تبدأ عملية تجميع العينات بتقسيم نطاق التمعدن إلى عدة عينـــات ، سواء كان ذلك في المنجم أو في آبار الحفر. ولاستخدام نتائج تحاليل هذه العينـــات في حساب الاحتياطي لابد من تحويلها أولا بنسبة تركيز الخام في السمك الحقيقـــي لنطاق التمعدن. فإذا كانت أطوال العينات القنوية متساويا ، فإن متوســـط التركيـــز يكون ببساطة هو المتوسط الحسابي لهذه العينات المجمعة من نطاق التمعدن كما في المثال التالي :

طـــــول بئـــــر الحفـــــر		نطاق التمعدن في المنجم	
م	%	م	%
0,50	0,20	0,50	0,20
0,50	0,50	0,50	0,50
0,50	0,20	0,50	0,20
إجمالي 1,5	0,90	1,5	0,90
متوسط	0.30	--	0.30

يتضح أنه في كلا الحالتين فإن متوسط التركيز هو 0,30% U_3O_8 في العينة التي يصل عرضها 1,5 م ، وهذه هي الأرقام التي تستخدم في حساب احتياطيات الخام حيث أنها تمثل العرض الحقيقي لنطاق التمعدن في نقطة معينة.

أما في حالة عدم تساوى أطوال العينات القنوية كما في المثال التالي:

طــول بئــر الحفــر		نطاق التمعدن في المنجم	
م	%	م	%
0,20	0,20	0,20	0,20
0,80	0,50	0,80	0,50
0,50	0,20	0,50	0,20

فإن تركيز كل عينة يضرب في طولها وذلك لحساب متوسط التركيز. وفى هذه الحالة يكون المتوسط هو متوسط عرض العينة مضروبا في نسبة التركيز كما يلي :

العينة	نسبة U_3O_8	العرض	ت×ع
أ	0,20	0,20	0,040
ب	0,50	80ر	0,400
ج	0,20	0,50	0,100
الإجمالي	--	1,50	0,540

ت×ع   0,540

متوسط التركيز = ------ = ------ = %,36 U_3O_8

ع   1,50

وتمثل هذه القيمة 0,36 % U_3O_8 متوسط التركيز في العرض الكلى لنطاق التمعدن في هذا الجزء الذي يصل عرضه 1,50 متر.

3-8-2-2: متوسط التحاليل في القطاع المنجمى

حيث أنه في الإمكان حساب المتوسط ونتيجة تحليل أي من العينات فإنه في الإمكان حساب متوسط التركيز لأي جزء من العرق المتمعدن الذي يظهر في المنجم فإذا كان العرق (vein) له عرض ثابت لطول معين فإن متوسط التركيز لهذا الجزء يساوى المتوسط الحسابي البسيط لجميع التحاليل، ولكنه يندر أن يكون

للعرق عرض ثابت في الطبيعة ولذلك يجب ضرب قيمة كل تحليل × عرض العرق ثم قسمته على العرض الكلى للحصول على متوسط قيمة التحليل كما في المثال الآتي:

رقم العينة	متوسط التحليل% U_3O_8	العرض متر	التحليل×العرض
1	27ر	85ر	229ر
2	15ر	65ر	097ر
3	35ر	70ر	245ر
4	36ر	1ر50	540ر
5	22ر	85ر	187ر
6	25ر	60ر	150ر
الإجمالي	--	5ر15	1ر448

العرض الكلى × التحليل   1ر448

متوسط التحليل = --------------- = ------ = 281ر% U_3O_8

العرض الكلى   5ر15

العرض الكلى   5ر15

متوسط العرض = --------- = ------ = 86ر0 مترا

عدد العينات   6

فيكون متوسط التركيز في القطاع الذي جمعت منه عينات متساوية المسافة هو 28ر% U_3O_8 ومتوسط عرضه 0ر86 مترا لمسافة طولية للعرق تبلغ 6 أمتار. ويراعى في هذه الحالة أن تكون المسافات البينية للعينات متساوية وقدرها 1 متر.

أما في حالة اختلاف المسافة البينية بين العينات القنوية فإن هنـــاك متغيـــر آخر وهو طول العرق الذي تمثله كل عينة والذي لابد أن يؤخـــذ فـــي الاعتبـــار. وعلى ذلك فكل عينة لابد أن تضرب x الطول الذي تمثله وهو عبارة عن نصـــف المسافة البينية التي تفصل بين العينة والعينة السابقة لها والعينة التي تليها، ويكون:

$$\text{متوسط التركيز} = \frac{\text{العرض} \times \text{الطول} \times \text{التحليل}}{\text{العرض} \times \text{الطول}}$$

$$\text{أما متوسط العرض} = \frac{\text{العرض} \times \text{الطول}}{\text{الطول}}$$

فإذا فرضنا أن الست عينات الموضحة في الجدول السابق تفصلها مسافات مختلفة كما في شكل 3-64:

رقم العينة	متوسط التحليل% U_3O_8 (ت)	الطول بالمتر (ل)	العرض بالمتر (ع)	ل × ع	ل × ع × ت
1	0ر27	0ر80	0ر85	0ر680	0ر183
2	0ر15	1ر20	0ر65	0ر780	0ر117
3	0ر35	1ر05	0ر70	0ر735	0ر257
4	0ر36	0ر85	1ر50	1ر275	0ر459
5	0ر22	1ر10	0ر85	0ر935	0ر206
6	0ر25	1ر00	0ر60	0ر600	0ر150
الإجمالي	--	6ر00	5ر15	5ر005	1ر0372

متوسط التركيز = (ع × ل × ت) / (ع × ل) = 1ر372 / 5ر005 = 0ر247% U_3O_8

متوسط العرض = (ع × ل) / ل = 5ر005 / 6ر00 = 0ر83 مترا

فتكون النتيجة النهائية – لهذا القطاع للعينات الغير متساوية فـي المسـافة البينية لمتوسط التركيز هي 27ر% U_3O_8 ومتوسط عرض العرق هـو 83ر0 مترا وطوله 6 أمتار. ويتضح أن هناك فرق طفيف في هذه النتيجة إذا ما قورنـت بالنتيجة السابقة والتي جمعت العينات القنوية على مسافة متساوية قدرها 1 متر.

3-8-2-3: تأثير التحاليل العالية الشاردة

تعتمد هذه الطرق لحساب الاحتياطيات على فرض أن التغيير في التركيـز من عينة قنوية إلى أخرى يكون تدريجيا أو:

1- أن كل تحليل لعينة ما يمثل تركيز الخام لمسافة تمتد مـن منتصـف المسافة البيـنية للعينة التي قبلها والتي بعدها.

2- بالرغم من أن هذا الافتراض يعطى نتائج تقريبية دقيقـة ومقنعـة ولكنه لا يمـثل الحقيقة تماما، وربما ينتج عنه أخطاء كبيرة إذا كان هناك عينة أو أكثر غنية عن بقية العينات.

ومن الجدير بالذكر أن هذا الوضع يكون شائعا في رواسب الفلزات الثمينة وإنه معروف أيضا في رواسب اليورانيوم الناشئة من المحاليل الحارة.

وتمثل طريقة معالجة العينات العالية الشاردة (erratic) مشكلة هامة فـي عملية حساب احتياطيات الخام. وتعتبر هذه مشـكلة جيولوجية في الأسـاس الأول ولا يمكن معالجتها منفردة بواسطة طرق الإحصاء الرياضى. فلا بد من التأكد من أن تلك القيم العالية سببها مواقع شاردة حقيقية لتمعدنات غنية أو أن طريقة توزيـع المعدن تتغير في حدود هذا المدى في جسم الخام، وهكذا لا يمكن القول بـأن هـذه

القيم شاردة حقيقة. ولو فرضنا أن تلك القيم التي نعالجها شاردة فهناك طرق رياضية وتحليلية كثيرة للتعامل مع هذه المشكلة.

ففي حالة المنجم الكبير فإن المعلومات تتجمع تباعا وتدرس، ويتم ضبط الطرق المستخدمة لحساب المتوسطات تدريجيا لتناسب الظروف ولتعطى نتائج أكثر صحة، وفى النهاية ينتج متوسط تركيز الخام الذي يدخل في محطة المعالجة0 وفى منجم مثل هذا يتم تعيين تكرارية(frequency) وجود قيم التحاليل، وتستخدم أرقام التكرار أو التغير في حساب المتوسطات0 فإذا فرضنا أن قيمة العينة رقم 6 في الجدول السابق أصبحت 2,50 % U_3O_8 بدل 0,25 % U_3O_8، فإن هذه القيمة تعتبر عالية شاردة ولا بد من ضبط قيم التحاليل باستخدام النظام التكراري كما في الجدول التالي:

رقم العينة	متوسط التحليل% U_3O_8 (ت)	الطول بالمتر (ل)	العرض بالمتر (ع)	ل × ع	ل × ع × ت
1	ر27	ر85	40	34ر00	9ر16
2	ر15	ر65	20	13ر00	1ر94
3	ر35	ر70	20	14ر00	4ر90
4	ر36	1ر50	20	30ر00	10ر80
5	ر22	ر85	40	34ر00	7ر48
6	2ر50	ر65	1	ر65	1ر50
الإجمالي	--	5ر15	--	125ر65	35ر78

متوسط التحليل = (ت × ع × ل) / (ع × ل) = 35ر78 / 125ر65 = 0ر285 % U_3O_8

فإذا كانت التكرارية في هذا الموقع كما هو موضح في الجدول السابق فإن متوسط التركيز (average grade) لعدد 6 عينات 285ر0 % U_3O_8.

من الجدير بالذكر أن المناجم الاستكشافية لا يوجد بها بيانات إحصائية كافية لبناء أرقام معقولة للقيم التكرارية ، ولذا لا بد من معالجة مشــكلة القــيم العاليــة الشاردة بطـــــرق أخـــــرى كما يلي:

أ - فمن الممكن أخذ عينة من منتصف المسافة قبل العينة العالية الشـــاردة وأخـــذ عينة أخرى من منتصف المسافة بعد العينة العالية الشاردة ، والقيام بطرح متوسط الثلاثة عينات من القيمة العالية. ومـــن الممكـــن إدخـــال العينتـــين التاليتين وطرح متوسط الخمس عينات من القيمة العالية.

ب - وهناك حل آخر وهو بأن يخصم من قيمة العينة الشـــاردة 30 % أو 40 % من قيمـــــتها.

ج - وهناك طريقة مقترحة للعمل في المناجم الاستكشافية والتي يتم فيها حســـاب المتوسط باستخدام التركيز مضروبا في العرض لكل العينات بما فيها العينة الشاردة، وبعد ذلك تختصر قيمة العينة العالية الشاردة إلى ضعف المتوسط الذي تم الحصول عليه ، وهذا الرقم الجديد للعينة الشاردة يدخل في إعـــادة حساب المتوسط من جديد كما في المثال التالي:

رقم العينة	متوسط التحليل% U_3O_8	العرض بالمتر	التحليل×العرض
1	ر27	ر85	ر229
2	ر15	ر65	ر097
3	ر35	ر70	ر245
4	ر36	1ر50	ر540
5	ر22	ر85	ر187
6	2ر50	ر65	1ر500
الإجمالي	--	5ر15	2ر698

متوسط التركيز = (ت x ع) / ع = 2ر698 / 5ر15 = 0ر52% U_3O_8

ضعف متوسط التركيز = 0ر52 × 2 = 1ر04% U_3O_8

تعديل تركيز العينة رقم 6 = ت × ع = 1ر04 × ر65 = 0ر676

الإجمالي المصحح = (2ر698 - 1ر50) + 0ر676 = 1ر874

$$\text{متوسط قيمة التركيز المصحح} = \frac{\text{إجمالي ت × ع المصحح}}{\text{ع}} = \frac{1874}{5.15} = 0.36\%\ U_3O_8$$

وعلى ذلك فإن متوسط القيمة النهائية المقبولة لتلك المجموعة من العينات والتي حسبت كما سبق هي 36ر0% U_3O_8. وتعتبر هذه الطريقة من أحسن الطرق عمليا وأنفعها في تقييم أعمال التنقيب عن اليورانيوم. لذلك عند وجود مجموعة من التحاليل فإن متوسطها يحسب عادة، ثم تضاعف النتيجة ثم تفحص جميع التحاليل لمعرفة ما إذا كان أي منها أعلى من هذا الرقم (ضعف متوسط التحاليل. فإذا كان هناك رقما أعلى من تلك القيمة فإنه يتم إتباع الطريقة السابقة.

3-8-3: حساب متوسط تركيزات الخام وعرضه في كتل الخام بالمناجم

يحسب متوسط التركيز في كتلة الخام (ore block)من متوسط تركيزات العينات التي تجمع من الفراغات التي تحيط بها (شكل 3-65). وفي رواسب الخامات العرقية تتكون الفراغات من مستويات (levels) وصواعد(raises) والتي تشكل القمة والقاعدة والجوانب لكتلة الخام ، ويحسب متوسط التركيز وسمكه في كل جانب بنفس الطرق التي وردت من قبل.

ويحسب متوسط تركيز الخام وعرضه في كل كتلة كما يلي :

الجانب	التركيز % U_3O_8 (ت)	العرض (ع) بالمتر	الطول (ل) بالمتر	ع × ل	ت × ع × ل
أ	ر50	ر70	25	17ر5	8ر75
ب	ر35	1ر00	30	30ر0	10ر50
ج	ر20	ر90	25	22ر5	4ر50
د	ر40	ر80	30	24ر0	9ر60
الإجمالي	--	--	110	94ر0	33ر35

متوسط التركيز = (ت × ع × ل) / (ع × ل) = 33ر35 / 94ر0 = 0ر35% U_3O_8

متوسط العرض = (ع × ل) / ل = 94 / 110 = 0ر85 متر

4-8-3 : حساب الحجم

الحجم هو متوسط السمك مضروبا في المساحة ، ويمكن قياس المساحة مباشرة على أن تكون المساحة الحقيقية ، فإذا كان هناك عرق مائل وتم إسقاطه على قطاع طولي ، وعلى ذلك فإن المساحة الظاهرية تقسم على جا(Sine) زاوية

الميل وذلك لتصحيح تقلص المقطع وببساطة يمكن عمل قياس مباشر على مسار لقطاع رأسي للمساحة. أما بالنسبة للمساحات التي لها شكل غير منتظم مثل حرف S عند الميل فيجب أن تقاس المساحة لتعطى الحجم الحقيقى.

فإذا فرضنا أن المثل السابق يمثل عرق عمودي فإن الحجم يكون:

$$\text{الحجم} = \frac{\text{أ} + \text{ج}}{2} \times \frac{\text{ب} + \text{د}}{2} \times \text{متوسط العرض}$$

= 35× 30 × 85ر0 = 50ر637 متر مكعب

3-8-5: حساب الطنية

يمكن حساب الطنية بضرب الحجم في الكثافة النوعية للخام. والمشكلة التي يمكن أن تنشأ في هذا الموضوع هي التعيين الصحيح للكثافة النوعية للخام. وبالرغم من وجود جداول للكثافة لأنواع الصخور والخامات، ولكن من الضروري دائما تعيين الكثافة النوعية لنفس الخام المطلوب حساب الطنية له. ويتم ذلك غالبا بأخذ عينة من الخام من منكشف له أبعاد معروفة ويفضل أن تكون عينة كبيرة يتم تجفيفها – حيث أن الكثافة النوعية لابد من أن تحسب للخام الجاف – وحساب الكثافة النوعية لها. وإذا فرضنا أن الكثافة النوعية التي تم تعيينها للخام الجاف هي 2ر5 (2ر5 طن جاف للمتر الكعب) فإن الطنية للخام الجاف بالنسبة للكتلة

أ ب ج د 637ر5 م3 × 2ر5 = 1594 طن مترى.

بالرغم من أن احتياطيات الخام يجب أن يعبر عنها بالطن الجاف إلا أنه من الضروري معرفة محتوى الرطوبة في الخام حيث أنه يتم استخراجه ونقله وهو في حالة رطبه مما يؤثر على تكلفة الاستخراج والنقل.

ويعين محتوى الخام من الرطوبة عند تعيين الكثافة النوعية للخام ، ولكـــن من الضروري تعيين نسبة الرطوبة في كل جزء من أجزاء المنجم منفصلة حيث أن الظروف الجيولوجية يمكن أن تكون سببا في تغيير هذا العامل(factor) من مكـــان لآخر.

فعندما يتم تعيين الكثافة النوعية للخام يعبر عنها كما يلي:

طن لكل متر مكعب خام رطب = 2ر78

طن لكل متر مكعب خام جاف = 2ر50

وعلى ذلك تكون نسبة الرطوبة في الخام هي 10%

وتكون الطنية الرطبة في الكتلة أ ب ج د هي $\frac{1594}{90} \times \frac{100}{1} =$ 1771 طن

وعلى ذلك يعبر عن طنية احتياطي الخام كما يلي :

طن رطب طن جاف

3-8-5-1: طنية ثامن أكسيد اليورانيوم (U_3O_8)

إن محتوى كل كتلة (Block) من U_3O_8 يعبر عنها بطنية الخام الجاف ومتوسط التركيز (grade) فيها ففي حالة المثل السابق تحسب كما يلي:

U_3O_8 % 35ر × 1594

U_3O_8 طن 5580 = ------------------- =

100

3-8-5-2: إجمالي كمية الــ U_3O_8 في كتل المنجم

عند تقديم تقرير عن احتياطيات الخام فإنه يجب أن يشمل: طنية الخام الرطب ، طنية الخام الجاف ومتوسط تركيز نسبة U_3O_8 في كل كتلة. ويعبر عن طنية الخام ونسبة U_3O_8 في المنجم كله ببساطه بجمع كل الكتل. إما إذا طلب تعيين متوسط تركيز الخام في المنجم بأكمله فإنه يحسب بضرب التركيز في كل كتلــه x طنية الخام الجاف كما في شكل 3-66.

ونفترض أن الكتلة رقم 4 لها نفس حسابات الكتلة أ ب ج د في شــكل 3-67، وعند تقدير الاحتياطيات فإن من المفضل تقريب الطنية إلى أقرب عشــرة أو عشرين طن. فمثلا فإن القيمـــة المقدرة 1594 طن تكون مقبولة إذا قربت إلـــى 1600 طن. ويقدر متوسط التركيز في المنجم على النحو التالي:

الكتلة	طن خام جاف U_3O_8(ط)	متوسط التركيز(ت)	طنU_3O_8 (ط × ت)
1	1800	50ر	00ر9
2	1400	30ر	20ر4
3	1200	40ر	80ر4
4	1600	35ر0	60ر5
الإجمالي	6000	--	60ر23

ط × ت   60ر23

متوسط التركيز = ------ = ------- = 39ر0% U_3O_8

ط   6000

وعلى ذلك فإن المنجم كما هو موضح يحتوى على 6000 طن خام جاف بمتوسط تركيز 39ر0% U_3O_8 ومحتواها من الـــ U_3O_8 هو 60ر23 طن.

3-8-6: تقدير احتياطي الخام من آبار الحفر

يتم تعيين متوسط التركيز والعرض الحقيقي لنطاق التمعدن في كل بئر خلال تنفيذ برامج الحفر الخاصة باستكشاف وتقييم مواقع رواسب اليورانيوم. وفى حالة تعدد العينات الممثلة لنطاق التمعدن فإنه يتم تعيين متوسط التركيز للعرض

الكلى لنطاق التمعدن بنفس النظام الذي سبق شرحه في موضوع العينات المقسمة. وعلى ذلك يتم الحصول على رقميين لمتوسط التركيز وعرض نطاق التمعدن الذي يخترقه كل بئر، وتمثل هذه الأرقام بعض الكتل الأرضية التي تحيط بئر الحفر. وتحسب المساحات والأحجام والطنية لكل كتلة ثم يحسب بعد ذلك الطنية الكلية ومتوسط التركيز وعرض نطاق التمعدن بنفس الطرق السابق ذكرها.

3-8-6-1: جسم الخام ذي الوضع الأفقي

في هذه الحالة يتم تصميم برنامج الحفر على شكل شبكة ذو مسافات بينية متساوية ومن الممكن أن تكون هذه الشبكة مربعة أو مستطيلة أو في أركان مثلث ستيني الدرجة، كما في الشكلين 3-67 و 3-68.

في حالة نظام الحفر على شبكة مربعة (شكل 3-18) فإنه يفضل حساب متوسط التركيز والعرض لكل كتلة (أ) من نتائج الآبار التي تحيط بها من الأربع أركان كما يلي :

رقم البئر	التركيز (ت) % U_3O_8	العرض (ع)	ت × ع بالمتر
1	0ر40	1ر50	1ر60
2	0ر60	1ر00	1ر60
3	0ر50	3ر00	1ر80
4	0ر30	2ر00	0ر60
الإجمالي	---	7ر50	3ر50

متوسط التركيز = (ت × ع) / ع = 60ر3 / 50ر7 = 48ر U3O8%

متوسط العرض = ع / عدد العينات = 5ر7 / 4 = 87ر1 متر

المساحة = 40 × 40 = 1600 متر مربع

الحجم = 1600 × 87ر1 = 2992 متر مكعب

الطنية = الحجم × الكثافة النوعية = 2992 × 0ر2 = 5984 طن

= 6000طن تقريب

طنية U_3O_8 = 6000 × 48ر% =ر 28 طن U_3O_8

في حالة الحفر على نظام مثلثي ستيني الدرجة فإن الكتل (blocks) 1، 2، 3 - كما في الشكل 3-68. يمكن حسابها بنفس الطريقة باستخدام الثلاثة قيم الموضحة بالرسم وحساب مساحتها من المثلث الستينى.

ويحسب إجمالي الاحتياطي من المجموع البسيط لطنية كتل الخام U_3O_8 . من الجدير بالذكر أن متوسط التركيز لابد أن يكون معلوما لطنية الخام0 وحيث أن مساحة الكتل واحدة (مثلث ستيني) فإن متوسط العرض يحسب من المتوسط الحسابي لعرض منطقة التمعدنات في كل كتلة.

أما في حالة توزيع نظام الحفر على شكل مستطيلات (شكل 3-69)، فإنه من الممكن رسم قطاع رأسي خلال الخطوط المتوازية للآبار ثم يحسب متوسط التركيز والعرض في كل قطاع.

ويمكن استخدام هذه الطريقة حتى لو كانت الصفوف أو الآبار غير متساوية المسافة البينية. ويحسب متوسط التركيز من تجميع متوسطات التركيز في القطاعات المختلفة مع ضرب كل تركيز × المساحة التي يمثلها (إذا كانت المسافة البينية بين القطاعات غير متساوية) × مجموع نصف المسافات البينية التي تفصل بين القطاعات (بنفس الطريقة التي تتبع في العينات القنوية الغير متساوية المسافة كما ذكر من قبل). ويمكن عمل مجموعة من القطاعات المتعامدة التي تمثل وسيلة لاختبار النتيجة. وفى جميع هذه الحالات فإن مد الحسابات خارج حدود لمنطقة تمثل عملية افتراضية أو مبتورة وهذا يعتمد على شكل جسم الخام.

أما عندما تكون الآبار على مسافات غير منتظمة، سواء في حالة الرواسب الأفقية ، أو العمودية أو الرواسب العرقية من التي لها ميل قريب من الرأسي فإن الحسابات تكون أكثر تعقيدا، حيث أن المساحة الممثلة في كل تقاطع سوف تكون مختلفة الحجم. والطريقة المعتادة هي أن تقسم المنطقة إلى مجموعة من المثلثات حيث يقع بئر عند رأس كل مثلث0ثم يؤخذ متوسط القيم لكل ثلاثة رؤوس كما ذكر من قبل وتعتبر هذه القيمة ممثلة لتلك المساحة، ويمكن قياس المساحة الممثلة

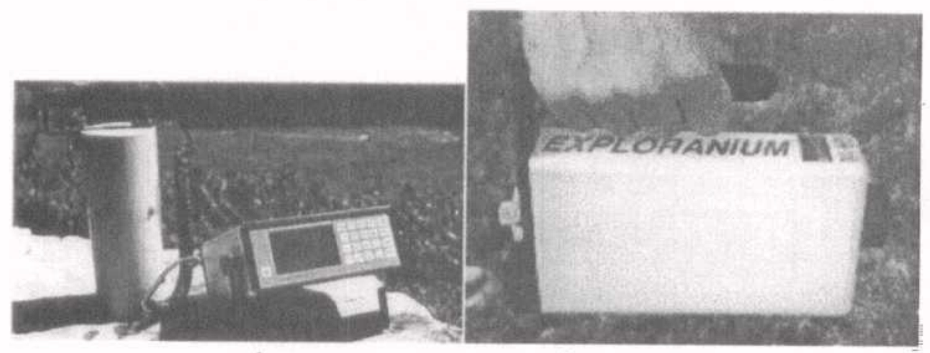
بالطرق الهندسية أو بواسطة جهاز قياس المساحات (planimeter). ويتم تعيين طنية الخام ومحتواه من U_3O_8 بالطريقة العادية من متوسطات جسم الخام الكلى بإيجاد وزن الطنية والمساحة الممثلة.

ففي المثال الأول وهى طريقة المثلثات (شكل 3- 70) ، فإن المتوسط من مثلث أ يتم حسابه من الآبار الثلاثة أرقام 1 ، 2 ، 3. أما المتوسط في المثلث ب فيحسب من الآبار الثلاثة أرقام 2 ، 3، 5 وهكذا.

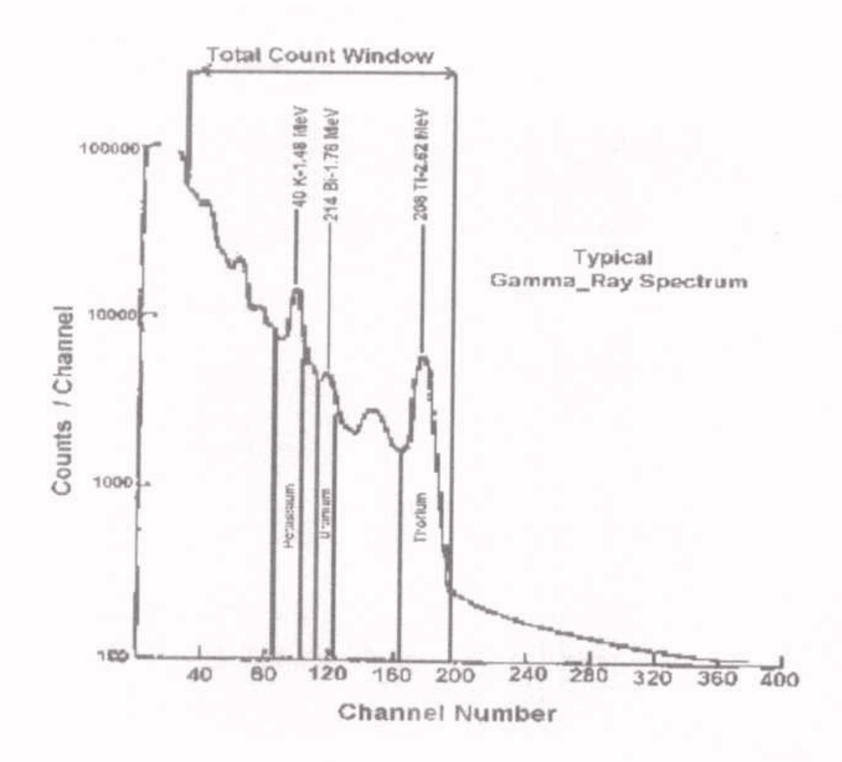
أما في المثال الثاني وهى طريقة يتم فيها عمل متعدد الأضلاع (Polygon) حول كل بئر برسم خطوط أو أشعة من البئر الموجود في المركز إلى موقع كل بئر على الحواف ثم رسم ضلع عمودي على كل خط عند منتصفه ثم يتم توصيل تلك الأضلاع ببعضها فينتج متعدد الأضلاع كما في الشكل 3-71. وتدخل القيم الموجودة في كل بئر في حسابات متعدد الأضلاع، وتقاس مساحة متعدد الأضلاع بجهاز قياس المساحات (Planimeter). ويتم أخذ المتوسط لكل متعدد أضلاع وإضافتها مع بعضها لحساب الطنية ومتوسط التركيز لكل المنطقة [48].

ومن الجدير بالذكر أن الصفحات السابقة تمثل ملخصا للأسس العامة والطرق الرئيسية لحساب احتياطيات الخام. ومن الممكن استخدامها كما هي مباشرة أو بعد التعديل لجميع رواسب اليورانيوم.

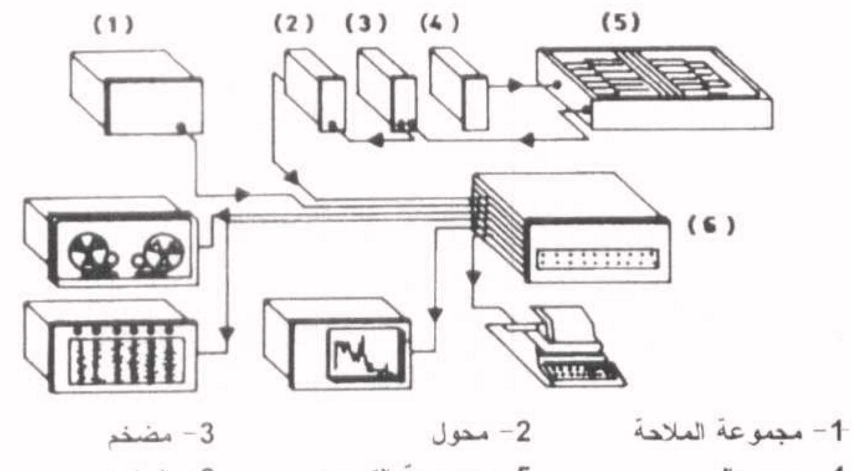
وهنا يجب الإشارة إلى أنه يوجد عدد من الموضوعات المتعلقة باحتياطات الخام لازالت تحتاج إلى مناقشة مثل: قيمة التركيز التي تعبر عن الخام (Cut-off values) أو المتخلفات ، حدود الخام والتخفيف. كذلك من الأهمية بمكان عند حساب الاحتياطيات يجب الإشارة إلى رتبة الاحتياطي(Ore reserve categories).



شكل 3–50: أجهزة المسح الإشعاعي الأرضي



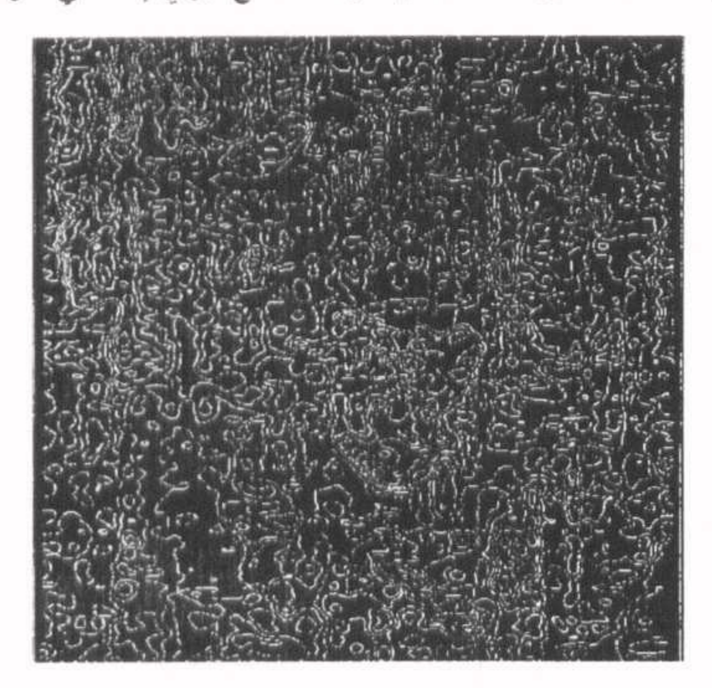
شكل 3–51: إسقاط نموذجي لطيف أشعة جاما يوضح أطياف اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم



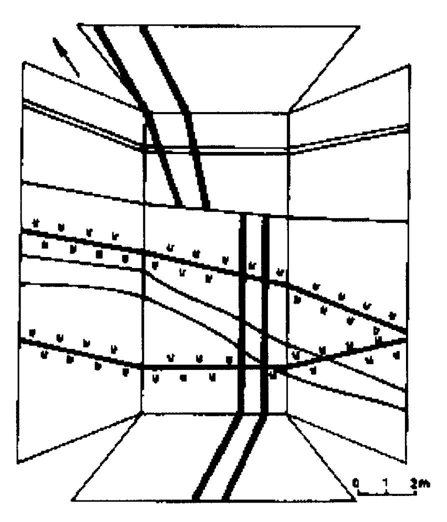
1- مجموعة الملاحة 2- محول 3- مضخم

4- جهد عالي 5- مجموعة التحسس 6- الحاسوب

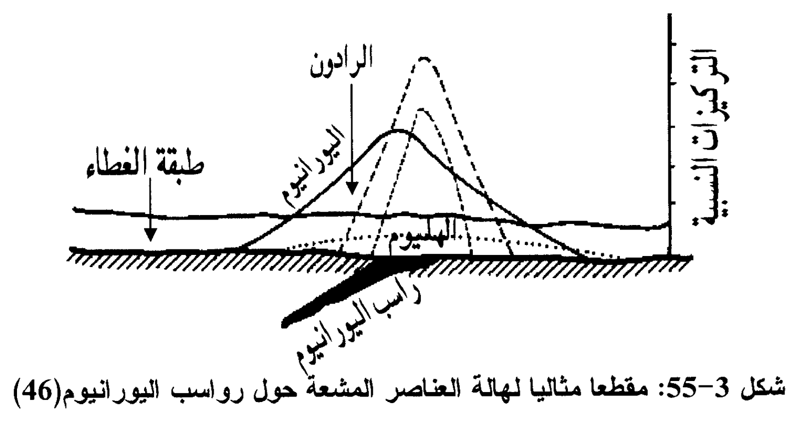
شكل 3-52: المكونات الأساسية لوحدة مسح جوي إشعاعي نموذجية



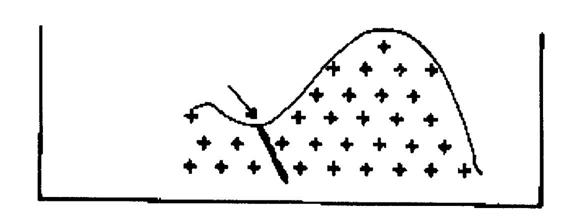
شكل 3-53: خريطة كنتورية إشعاعية للبيانات الخام الناتجة من المسح الإشعاعي الجوي



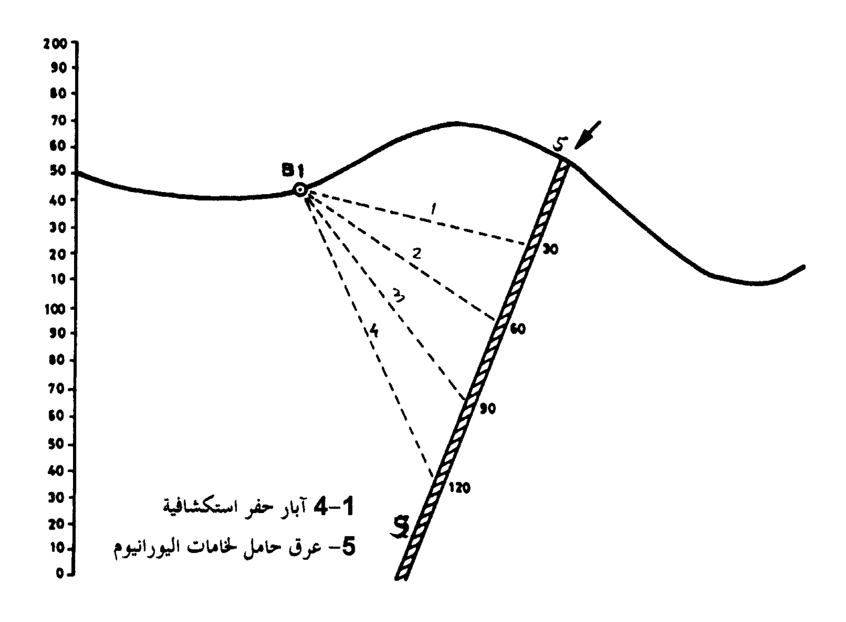
شكل 3-54: رسم لإحدى الترنشات في موقع لتمعدنات اليورانيوم (U).



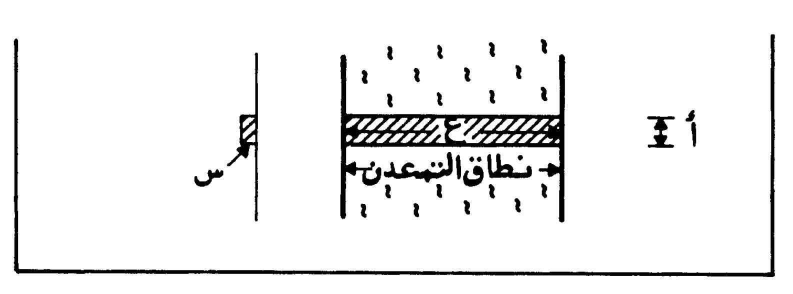
شكل 3-55: مقطعا مثاليا لهالة العناصر المشعة حول رواسب اليورانيوم(46)



شكل 3-56: يوضح ميل عرق لتمعدنات اليورانيوم في اتجاه التضاريس العالية

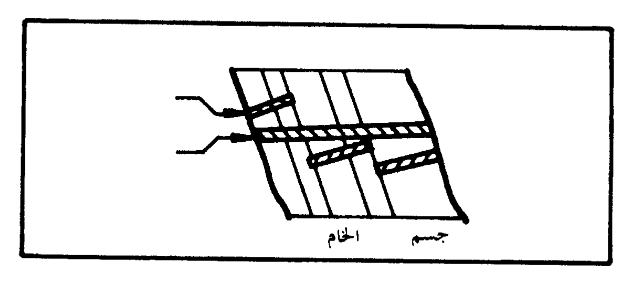


شكل 3-56: نظام الحفر المروحي لاستكشاف اليورانيوم

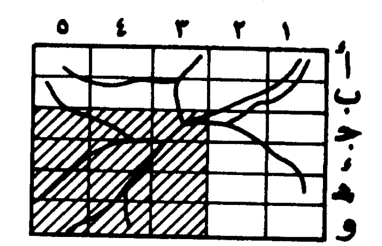


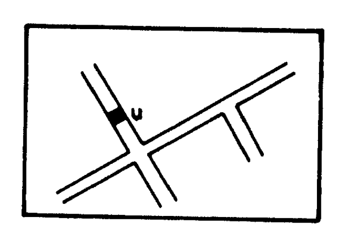
شكل 3-59: وضع العينة القنوية بالنسبة لنطاق التمعدن

ع= طول القناة أو عرض العينة أ= ارتفاع القناة أو عرض القناة س= سمك القناة



شكل 3-60: تجزئة العينة وأخذها عموديا على نطاق التمعدن





شكل 3-61: خريطة المنطقة مقياس 1 : 5000

توضح المواقع التالية:

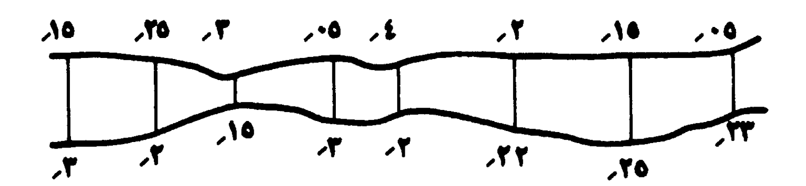
خريطة 1 : 1000 ج-و/3-5

خريطة 1 : 500 ج-د/4-5

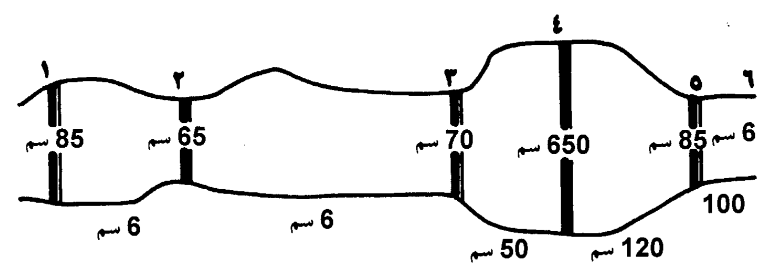
خريطة 1 : 250 ج/3

شكل 3-62 : خريطة للمنجم ج/3/1

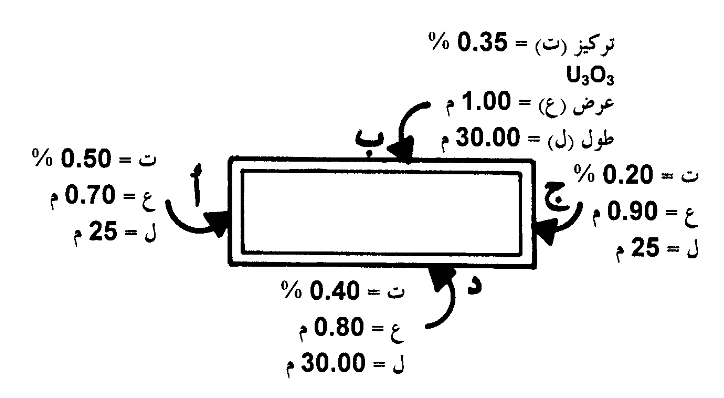
(المستوى الأول) بمقياس 1:250



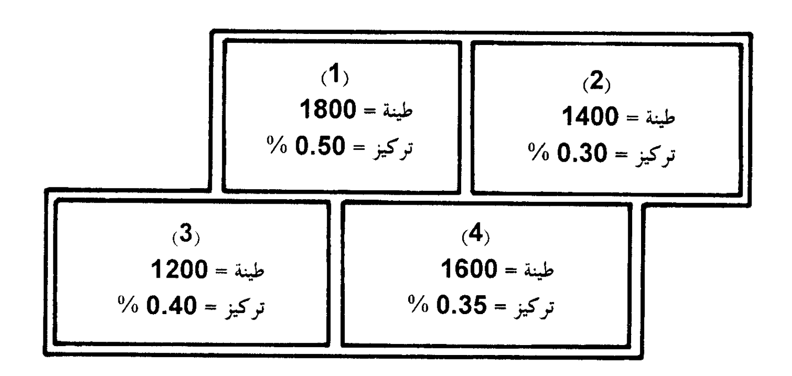
شكل 3-63: تمثيل قطاع صغير في أحد العروق في مستويين



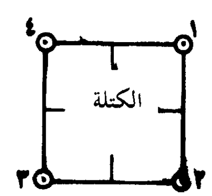
شكل 3-64: يوضح قطاع في إحدى عروق تمعدنات اليورانيوم موضحا عليه مواقع العينات القنوية التي تختلف في مسافاتها البينية



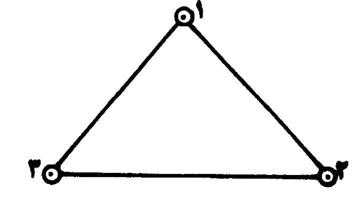
شكل 3-63: رسم يوضح قطاع رأسي في كتلة الخام



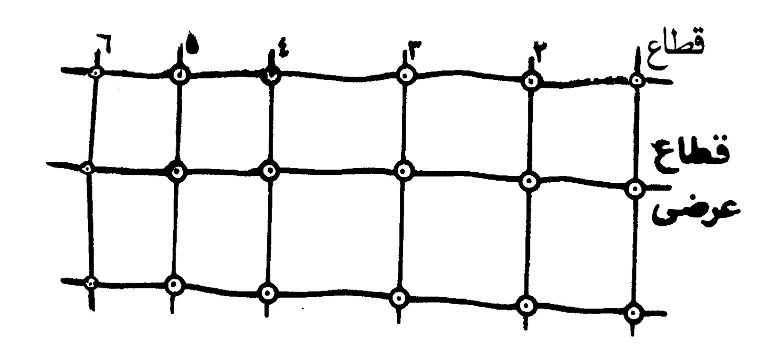
شكل 3-66: يوضح توزيع كتل الخام وطنية وتركيز كل كتلة



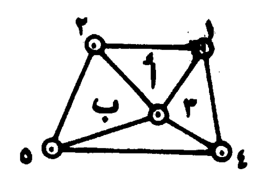
شكل 3-67: نظام شبكة مربعة



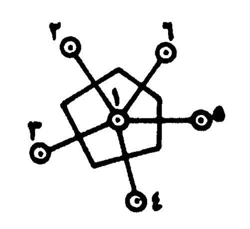
شكل 3-68: نظام مثلث ستيني الدرجة



شكل 3-69: نظام حفر علي شكل مستطيلات



شكل 3–70: طريقة المثلثات



شكل 3–71: طريقة متعدد الأضلاع

القسم الرابع

4: الدول العربية والعصر النووي

4-1: مقدمة

لقد وجد الكاتب أنه ليس من المعقول أن يخلو هذا الكتاب الذي يتحدث عن العصر النووي وبلغة عربية عن قسم يختص بالدول العربية والعصر النووي. وتجدر الإشارة إلي أن القرن الحادي والعشرين يعتبره الكثير هو القرن النووي حيث أن معظم مصادر الطاقة من النوع الأحفوري يتجه إلي النضوب. وإنه لمن المتوقع ازدياد التوجه إلي استخدام الطاقة النووية بصورة مؤثرة خلال القرن الحادي والعشرين الذي بدأ منذ أمد قريب.

ولما كانت الدول العربية تغطي جزءا كبيرا في شمال القارة الأفريقية وغرب قارة أسيا حيث تمثل موقعا استراتيجيا غير مسبوق من الكرة الأرضية، حيث تعتبر حلقة الوصل بين أفريقيا أسيا وأوربا وأمريكا (شكل 4-71). ولذلك لابد أن تحاول الدول العربية أن يكون لديها من الإمكانيات ما يكفل لها البقاء حرة كريمة في عامنا المعاصر الذي يسود فيه أحقية الباطل وبطلان الحق حسب أهواء الدول القوية. وتعتبر المنظومة النووية من أهم عناصر القوة في هذا القرن.

وسوف نتطرق في هذا القسم إلي عدة موضوعات تمثل منظومة متكاملة لعلاقة الدول العربية بالعصر النووي. وتشمل تلك المنظومة علي التعريف بدورة الوقود النووي والتي تمثل العمود الفقري للتقانة النووية المتقدمة، كما يعتبر التعمق فيها والتعرف علي أسرارها ومكوناتها مفتاح الانطلاق إلي التقدم في شتي المجالات وخاصة المجال النووي.

ثم يلي ذلك نبذة مختصرة عن مكامن اليورانيوم المحتملة في بعض الدول العربية حسب رؤية المؤلف بناءا علي المعلومات المتاحة وخبرته الذاتية

علي مدي أكثر من أربعين عاما في مجال التنقيب عن الخامات النووية وتقييم احتياطاتها. ثم يتبع ذلك جزءا خاصا عن أهمية البرامج النووية لدفع عجلة التقدم والتنمية في الدول العربية.

4-2 : دورة الوقود النووي

يعتبر فهم دورة الوقود النووي ذات أهمية بالغة حيث أنها تمثل العمود الفقري للدخول في التقانات النووية، وتشتمل علي عدة مراحل كل منها يحتاج إلي عمل شاق ودؤوب لمعرفته معرفة جيدة. وتتكون دورة الوقود النووي من المراحل التالية.

4-2-1 : توافر خامات لليورانيوم وتعدينها:

يمثل توافر خامات اليورانيوم في بلد ما أولي مستلزمات دورة الوقود النووي، وبدون توافر تلك الخامات لا يمكن أن يكون هناك دورة للوقود النووي، وتتوافر خامات اليورانيوم بعد عدة مجهودات مضنية من التنقيب والاستكشاف وتقييم خامات اليورانيوم وتحديد جدواها الاقتصادية (شكل 4-72). وعند ثبوت توافر خامات لليورانيوم يمكن استخراجها بطريقة اقتصادية تبدأ عمليات تعدين الخام سواء عن طريق المناجم التحت أرضية أو المناجم المكشوفة (Open Pits). وهناك طريقة أخري لاستخراج اليورانيوم مع وجود الخام في موضعه وتسمي _ In Situe Leaching (ISL) . وفي هذه الطريقة الأخيرة يتم دق أبار بنظام معين في موقع الخام، ويتم ضخ بعض المحاليل التي يمكنها إذابة اليورانيوم ، ثم تضخ بعد ذلك تلك المحاليل المشبعة باليورانيوم إلي السطح حيث يمكن نقلها إلي وحدات استخلاص اليورانيوم. وتكون هذه الطريقة فعالة إذا كان الخام موجود في طبقات أو صخور مسامية مثل الحجر الرملي أو صخور صلبة ولكنها تحتوي علي فواصل وكسور يمكن أن تتسرب خلالها المحاليل حيث تقوم بإذابة اليورانيوم الموجود في الخام.

4-2-2: استخلاص اليورانيوم:

يتم استخلاص اليورانيوم من خاماته بعد تجهيز تلك الخامات من ناحية تتناسب مع طريقة الاستخلاص التي سوف يتم تطبيقها. وتشتمل تلك العمليات علي تحسين رتبة الخام، إزالة بعض الشوائب الضارة التي تؤثر علي كفائة عملية الإذابة أو عملية فصل الصلب عن السائل، حجم حبيبات الخام المستخدم في دائرة الإذابة، طبيعة ونسبة معادن اليورانيوم الموجودة وكذلك المعادن المصاحبة وخواص الصخر الفيزيائية الذي يحتوي علي اليورانيوم.

وتتم عمليات إذابة اليورانيوم بطرق عديدة تحت الضغط الجوي العادي، الإذابة تحت الضغط في أوعية الضغط، الإذابة بالتسرب بالحامض المركز. وهناك طرق أخري للإذابة تشمل أساسا الإذابة بالأكوام، الإذابة في موقع الخام في باطن الأرض والإذابة من خلال استخدام البكتريا (مهدي، محمد عبد الحكم 1997)[(49)].

وتؤدي عمليات إذابة اليورانيوم إلي الحصول علي محاليل حاملة لليورانيوم، وهذه المحاليل وخاصة في حالة الإذابة الحمضية – تحتوي علي العديد من عناصر الشوائب إلي جانب اليورانيوم والتي لابد من التخلص منها حتي لا تعيق عملية استرجاع اليورانيوم.

وتتم عمليات استعادة اليورانيوم من المحلول بعدة طرق تشمل راتجات التبادل الأيوني Ion – Ex Change Resins أو بالمذيبات العضوية والتي يتم الحصول في نهاية تلك العمليات علي ركائز اليورانيوم المعروف تجاريا باسم الكعكة الصفراء باستخدام بعض المواد المرسبة. ويلاحظ أن نسبة اليورانيوم في الكعكة الصفراء تكون في حدود 65 إلي 75% ، ويتكون اليورانيوم في هذا الركاز من النظريين يو235 ويو238 بنسبة 140:1 ، ولكنه قد تخلص من النظائر المشعة التي تكون سلسلة اليورانيوم والأكتينيوم حيث تبقي هذه النظائر مع النفايات الصخرية الصلبة التي استخلص منها اليورانيوم، ولذلك نجد أن الكعكة

الصفراء لا تطلق أشعة جاما وكذلك لا تـؤثر علـي العـدادات الإشـعاعية، فاليورانيوم يتحلل إشعاعيا بإطلاق أشعة بيتا فقط أما أشعة جاما فـي خامـات اليورانيوم فمصدرها نظائر سلسلة التحلل الإشعاعي مثل الراديوم والرصـاص المشع (حسن ، ممدوح عبد الغفور، 1997)[50].

وبعد ذلك يتم تنقية ركاز اليورانيوم أو الكعكة الصفراء للوصول بها إلي النقاوة النووية ، حيث أن تصنيع الوقود النووي يحتاج إلي يورانيوم غاية فـي النقاوة، حيث أن الشوائب تقلل من كفائة الوقود النووي، يـتم تحويـل الكعكـة الصفراء بعد ذلك إلي أكسيد اليورانيوم U_3O_8 أو UO_2 وتخضع تلك العمليـة إلي مواصفات دقيقة واختبارات عديدة لكي يكون هذا المنتج له صفات تؤهلـه لاستخدامه وقودا طبيعيا يمكن استخدام في بعض المفاعلات مثل نوع الكانـدو. أو تحويلة إلي وقود يحتوي علي يورانيوم ثري لكي يستخدم في مفاعلات الماء الخفيف وغيرها.

4-2-3: التحويل :

يحتوي اليورانيوم الطبيعي الناتج من خامات اليورانيوم علي نظيـرين لليورانيوم هما يو – 238 ، يو – 235. ويمثل اليورانيوم 238 حوالي 99ر3 أما اليورانيوم 235 فيمثل 7ر% فقط من اليورانيوم الطبيعي. وكما ذكر مقدما فـي القسم الأول من هـذا الكتـاب أن اليورانيـوم 235 هـو القابـل للانشـطار بالنيوترونات، فإن وجوده بهذه النسبة المتناهية فـي الصـفر فـي اليورانيـوم الطبيعي تجعل فرصته للانشطار تكاد تكون معدومة، وذلك لأن اليورانيوم 238 شره لاصطياد النترونات. ولذا فإن عملية تصنيع الوقود النووي من اليورانيوم الطبيعي لاستخدامها في مفاعلات الماء الخفيف تحتاج إلي تحويـل اليورانيـوم الطبيعي U_3O_8 UO_2 أو الكعكة الصفراء ذات النقاوة النووية إلي UF_6 والـذي يعرف بسادس فلوريد اليورانيوم وذلك باستخدام نظام الطرد المركزي.

4-2-4: الإثراء

خلال هذه العملية يتم إثراء اليورانيوم الموجود علي صـــورة ســـادس فلوريد اليورانيوم UF_6 وذلك باستخدام نظام معقد من الطرد المركزي، حيـــث ترفع نسبة اليورانيوم 235 إلي حوالي 3% ، وفي هذه الحالة يمكن أن يكـــون قابلا للانشطار، ويدخل في تصنيع الوقود النووي لمفاعلات الماء الخفيف.

5-2-4: تصنيع الوقود

يتوقف شكل الوقود النووي المطلوب تصنيعه علـــي تصـــميم ونـــوع المفاعل حتى يمكن أن يؤدي دورة بكفاءة عالية. وخلال عملية تصنيع الوقـــود يعاد تحويل سادس فلوريد اليورانيوم الذي يحتوي علي 25ر3% يورانيـــوم 235 من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة ثم يمر بمراحل غاية في الدقة لتحويلة إلى سبيكة من الوقود النووي حيث يتم تقطيعها علي هيئة شرائح، ويتم تجميع كـــل مجموعة من الشرائح في حزمة تسمي حزمة الوقود النووي، ويتم تغليف كـــل حزمة بسبيكة خاصة تسمي زركالوي Zircalloy، ومصدرة الرئيسي معـــدن الزركون الذي يتم معالجته لاستخلاص الزركونيوم منه وفصل عنصر الهافنيوم الذي يوجد بنسبة ضئيلة مع الزركونيوم.

6-2-4: الاستخدام بالمفاعل

يتم وضع وحدات الوقود النووي المصنعة في قلب المفاعل في نظـــام معين بحيث يسهل استبدالها بوحدات جديدة في أي وقت وأحيانا بـــدون إيقـــاف المفاعل وتتم عملية الاستبدال كل سنة تقريبا. وتجدر الإشارة إلى أنه بالنســـبة لمفاعل قدرته 1000 ميجاوات كهربائي تكون الشحنة الأولي حوالي 150 طـــن من اليورانيوم المثري بنسبة حوالي 3% ، ويتم استبدال 50 طن سنويا. وتبلـــغ النسبة المحترقة حوالي النصف تقريبا ، فلو كان الوقود الأصلي مكون من 3% يـــو 235، 97% يو 238 فإن الوقود المحترق يكون تركيبه هـــو 1% يو 235،

1% بلوتونيوم ، 3% نواتج إنشطـــارو95 % يو 238 (حسن، ممدوح عبـــد الغفور، 1997)[50].

4-2-7: الوقود المستخدم :

الوقود المستخدم أو بمعني أخر الوقود المحترق، وهو يمثل بقايا الوقود النووي الذي استخدم في المفاعل، ويمثل هذا الوقود أهمية كبيرة حيث يحتـــوي علي نسبة مــــــن اليورانيوم -235، والبلوتونيوم واليورانيوم 238، كما تشتمل نواتج الانشطار في هذا الوقود علي حوالي 200 نظير مشع لحوالي 35 عنصر (حسن، ممدوح عبد الغفور، 1997) [50]. يتم معالجة ذلك الوقود المســـتخدم و فصلة إلي جزئن : مادة معالجة ونفايات (شكل 4-73). بالنسبة للمادة المعالجة إما أن تضاف مباشرة إلي عملية تصنيع الوقود النووي وإما أن يتم إثرائها لرفع نسبة اليورانيوم 235 إلي 3% ثم تدخل بعد ذلك في عملية تصنيع الوقود. أمـــا النفايات فيتم معالجتها وحفظها بطريقة آمنة طبقا لمعـــدلات الأمـــان والوقايـــة الإشعاعية وبما لا يكون له تأثيرا سلبيا علي البيئة.

وبالنظر إلي الشكل 4-72 الذي يمثل دورة الوقود النووي يبين بساطتها لأول وهلة، ولكن في الحقيقة إن كل مرحلة من مراحلها تتطلب عمليات متناهية في الدقة والتقنية وخبرة رفيعة المستوي في شتي مجالات العلوم الجيولوجيـــة والطبيعية والكيميائية والهندسية.

4-3 :مكامن اليورانيوم المحتملة في بعض الدول العربية

4-3-1 : خواص مكامن اليورانيوم ومظاهر التعرف عليها

تعتمد مظاهر التعرف علي مكامن اليورانيوم علي خـواص الصـخور المضيفـة Host rock وعلي نوع رواسب اليورانيوم المرتبطة بها. وسوف نركز في هذا الجزء من الكتاب علي مظاهر التعرف علي مكامن اليورانيوم في الصخور الجرانيتية وصخور الحجر الرملي. وسوف تستخدم هذه المظاهر فـي التعرف علي مكامن اليورانيوم المحتملة في بعض الدول العربية.

الصخور الجرانيتية

تشتمل مظاهر التعرف علي مكامن اليورانيوم في الصخور الجرانيتيـة علي : محتوي اليورانيوم في تلك الصخور ، العمر الجيولوجي ، بالإضافة إلي التركيب المعدني لهذه الوحدات الصخرية.

محتوي اليورانيوم

يجب تعيين محتوي اليورانيوم بكل دقة فـي الأنـواع المختلفـة مـن الصخور الجرانيتية . فمثلا في البرازيل علي سبيل المثال وجـد أن متوسـط محتوي اليورانيوم في الصخور الجرانيتية العادية يتراوح بين 3 إلي 7 جزء في المليون ، وقد تم اعتبار القيمة 12 جزء في المليون لمحتوي اليورانيوم هي الحد الفاصل بين الجرانيت اليورانيـومي والجرانيـت العـادي (Tassinari and Barreto ,1992)[51]. وقد تبين أن محتوي اليورانيوم يتراوح بين 5 إلـي 10 جزء في المليون ومحتوي الثوريوم يتراوح بين 15 إلي 25 جزء في المليـون في إحدى محقونات الجرانيت اليورانيومي في الدرع الإفريقي ، وقـد وصـلت نسبة الثوريوم إلي اليورانيوم (Th/u) من 2 إلي 2ر5 (Rogers, 1978)[52].

وتعتبر القيمة المنخفضة لـ (Th/u) في الصخور الجرانيتية في غاية الأهمية ، حيث أنه من المعروف أن تلك القيمة حوالي 4 في الصخور الجرانيتية التي تكونت في ظروف تفاضلية عالية (Highly differentiated)، ويمكن القول بأن دلالة انخفاض هذه النسبة يمكن أن تعزي إلي فقدان جزء من الثوريوم من الصخور الجرانيتية ، وهذا غير مستحب من الناحية الجيوكيميائية. أما الاحتمال الآخر فهو أن يكون قد حدثت إضافة لليورانيوم بتلك الصخور الجرانيتية ، كذلك يمكن إرجاع هذه النسبة المنخفضة للـ Th/u إلي احتمال تكون تمعدنات اليورانيوم من المحاليل المائية الحارة الواردة من المحقونات الجرانيتية نفسها ، وهذا يؤدي إلي انخفاض نسبة الـ Th/u في الجرانيت الذي يعتبر مصدرا لتلك المحاليل الحارة.

العمر الجيولوجي

تعتبر العلاقة بين الجرانيت اليورانيومي والعمر الجيولوجي لتلك الصخور غاية في الأهمية ، حيث أنه من المعروف أن بعض محقونات الجرانيت اليورانيومي تنتمي إلي أعمار معينة ، فمثلا وجد أن الجرانيت اليورانيومي له علاقة قوية بالعمر الجيولوجي المحصور بين 1800 – 1300 مليون سنة من الآن. ومع ذلك فإنه قد ثبت وجود بعض محقونات الجرانيت اليورانيومي في الفترات الزمنية التالية : 2600 – 2000 ، 2200 – 1800 ، 900 – 500 مليون سنة من الآن (Tassinari and Barreto ,1992) [51]، ولذلك فإن تحديد عمر الجرانيت يعتبر هاما لمعرفة احتمالات وجود تمعدنات اليورانيوم به.

التركيب المعدني

إنه لمن الثابت أن هناك علاقة قوية بين توزيع محتوي اليورانيوم والتركيب المعدني لمحقونات الجرانيت المختلفة ، فمن المعروف أن الصخور

الجرانيتية التي تتكون من تركيب معدني جرانيتي والجرانيت القلي (Alkaline) تتميز باحتوائها علي تركيز عالي نسبيا من اليورانيوم. وعلي وجه العموم فإن صخور الجرانيت القلي اليورانيومي تتكون أساسا من السيانيت ، والسيانيت الحامل للكوارتز والجرانيت البيوتيتي – الهورنبلندي . ومن المعروف أيضا ، أن العروق الحاملة لمعادن اليورانيوم توجد عادة إما داخل أو خارج الجرانيت المتغير الذي ينتمي إلي مجموعة الـ Peraluminous leucogranite ،(Dahlkamp,1987) [53]. ومن الجدير بالذكر أن دراسة نسبة عنصر الاسترونشيوم الأولية تعتبر علي درجة كبيرة من الأهمية ، حيث يمكن الاستفادة منها في تعيين مصدر الجرانيت اليورانيومي ... هل هو من القشرة الأرضية أو من الجزء العلوي للجبة (mantle).

الحجر الرملي

تعتمد مظاهر التعرف علي مكامن اليورانيوم بصخور الحجر الرملي علي نوع الراسب نفسه ،(Dahlkamp,1987) [53]. فرواسب اليورانيوم المنبثة (disseminated) غالبا ما توجد في الحجر الرملي الأركوزي القاري النهري، والذي عادة ما يتداخل معه بعض النطاقات الطينية ، وعادة ما تكون تلك الطبقات أفقية أو ذي ميول ضعيفة (أقل من 5 درجات) ، إلا إذا كانت قد تعرضت لبعض التغيرات بعد تكوين الخام نتيجة لتأثير التراكيب الجيولوجية السائدة.

هذا ويوجد نوعين رئيسين من تلك الرواسب يمكن التفرقة بينهما :

(1) رواسب الفانيروزويك (التي تكونت بعد العصر الديفوني) ، فغالبا ما توجد تلك الرواسب مشتملة علي المواد ذات الأصل النباتي القاري.

(2) رواسب البروتيروزويك ، وهذه الرواسب تتميز بوجودها مع الألجا المستمدة من البركانيات (Rogers, 1978) [52].

وهناك نوع أخر من رواسب اليورانيوم الموجودة في طبقـات الحجـر الرملي والتي تعرف بالمقدمة المنحنية (Roll Front) ، وتنتمـي رواسـب اليورانيوم الموجودة به إلي النوع المنبث وتوجد علي الحدود الفاصلة بين نطاق التأكسد – الاختزال في صخور الحجر الرملي الأركوزي والشبـه أر كوزي فـي الأحواض الانتراكراتونيـة (Intracratonic Basins) والأحـواض البين جبلية. وعادة ما تكون تلك الأحواض قريبة من الصـخور الجرانيتيـة أو التف البركاني (Tuff) التي تحتوي علي نسبة عالية مـن اليورانيـوم. ومـن الجدير بالذكر أن معظم رواسب اليورانيوم التي تنتمي إلي هذا النوع توجد فـي تتابعات متداخلة من الحجر الرملي والرسوبيات الغنية بالبركانيـات والتـي لا يتخللها فترات طويلة من توقف الترسيب والتعرية.

وسوف يتم تقسيم رواسب خامات اليورانيوم إلي جزئيين رئيسيين هما :

أولا : الخامات التقليدية Conventional Ores

ثانيا : الخامات الغير تقليدية Non Conventional Ores

وقد سبق تعريف هذين النوعين في القسم الأول من الكتـاب، وسـوف نناقش فيما يلي احتمالات وجود هذين النوعين في بعض الدول العربية اعتمادا علي المعلومات المتاحة سواء من النشرات العلمية ، كتب المؤتمرات والبحوث المنشورة في الدوريات ، وكذلك البيانات التي وردت في الكتاب الأحمر الـذي تنشره الوكالة الدولية للطاقة الذرية كل عامين والخـاص باستكشـاف وإنتـاج اليورانيوم والطلب عليه وكذلك مطبوعات هيئة الطاقة الذرية العربية. وبنـاءا" علي تلك المعلومات والخبرة الذاتية للمؤلف سوف يتم إدراج بعض التوصـيات الهامة في نهاية الحديث عن كل قطر، والتي أتمني أن تكون لها قيمة في خدمة استكشاف اليورانيوم ومكامنه في الأقطار العربية.

4-3-2: جمهورية مصر العربية

تغطي جمهورية مصر العربية مجموعة من المنكشفات التـــي تشـــمل صخور القاعدة المركبة التي تتبع عصر ما قبل الحياة والغطاء الرسوبي السميك . وتغطي صخور القاعدة المركبة حوالي 000 100 كيلو متر مربع وتظهر في جنوب سيناء ، الصحراء الشرقية وبعض المنكشفات المحـــدودة فـــي جنـــوب الصحراء الغربية. وقد تم تقسيم صخور القاعدة المركبة إلى قسمين رئيسيين : ما قبل صخور الدرع الإفريقي ، وتشمل الصخور شديدة التحول. أما المجموعة الثانية والتي تسمي بصخور الدرع الإفريقـــي فتشـــتمل علـــى الافيـــوليت والقـــوس الجـــزري والصخـــور التكتونيـــة الأصـــل وصخـــور الفانيـــروزيك القليـــة. (El Gaby et.al.,1990)[54].

أما التتابع الرسوبي السميك فيشمل أنواع مختلفة من الصـــخور التـــي تتراوح أعمارها بين العصر الباليوزويك حتى العصر الحديث. ويتكون الجـــزء الأسفل من هذا التتابع من صخور قارية فتاتية يتخللهـــا بعـــض طبقـــات مـــن الرواسب البحرية ، ويتدرج هذا التتابع إلي صخور كربوناتية ومعهـــا بعـــض الرواسب الفتتاتية التي تتميز بحبيبات صغيرة الحجم. ويتكون الجـــزء العلـــوي أساسا من صخور فتاتية ومتبخرات مع بعض الطبقات البحرية.

ولقد بدأ التنقيب عن اليورانيوم في مصـــر منـــذ عـــام 1956 حيـــث استخدمت عمليات استكشافية متكاملة باســـتخدام المســـح الإشـــعاعي الجـــوي والأرضي ، وقد أسفر هذا النشاط عن اكتشاف العديد من الشاذات الإشـــعاعية ومواقع لتمعدنات اليورانيـــوم في بيئات جيولوجية مختلفـــة. وقد تبيـــن أن معظـــم مواقـــع اليورانيـــوم الهامـــة توجـــد فـــي الجرانيـــت الحـــديث (Post orogeric granite) وفـــي الرواســـب الفتاتيـــه للعصـــر الباليوزويك.

وبمراجعة البيانات المنشورة عن البيئات الجيولوجية المناسبة والظواهر التركيبية في جمهورية مصر العربية، وكذلك الخبرة الذاتية للكاتب في مجال استكشاف وتنمية مواقع الخامات النووية يمكن أن **نخلص ونوصي بما يلي:**

أولا : إن الخامات التقليدية لليورانيوم يمكن أن توجد بكميات اقتصادية في بعض المكامن الجيولوجية في الصحاري المصرية ، ومن أهم هذه المكامن الجرانيت الحديث الذي تقل به نسبة أكسيد الكالسيوم عن واحد وينتمي إلى النوع القلي Alkaline والـ Peraluminous leucogranites . وكذلك الجرانيت الحديث ثنائي الميكا، وينتشر هذا النوع بكثرة في الصحراء الشرقية المصرية وكذلك في جنوب سيناء وبعض المواقع المتناثرة في جنوب الصحراء الغربية.كذلك تجدر الإشارة إلى أهمية الصخور المتاخمة لهذا الجرانيت الحديث وخاصة مجموعة صخور الحمامات والحجر الرملي، وخاصة إذا تواجدت تلك الصخور علي شكل أحواض تكتو نية بالقرب من الجرانيت اليورانيومي (شكل 4-74) . ومن أهم تلك الأحواض حوض جبل أم طواط (شكل 4-75) في شمال الصحراء الشرقية ، وحوض وادي كريم – العطشان بوسط الصحراء الشرقية ، وكذلك حوض وادي الخريط جنوب شرق أسوان، وبعض الأحواض الموجودة في جنوب الصحراء الغربية بين جبل العوينات ووادي النيل، وبعض الأحواض في سيناء مثل حوض أبو زنيمة ويجدر القول بأن بعضا من هذه الأحواض يحتوي علي تتابعات من الصخور الرسوبية من عصر الفانيروزويك، ويحتمل وجود بعض رواسب اليورانيوم الاقتصادية من نوع الحجر الرملي الحامل لليورانيوم .

ثانيا: أما عن رواسب اليورانيوم الغير تقليدية فإنها موجودة في مصـــدرين رئيسيين رواسب الفوسفات التي تغطي مساحات هائلة من التكوين الجيولوجي الرسوبي في مصر وخاصة في العصـــر الطباشـــيري . وتتراوح نسبة اليورانيوم في تلك الرواسب بين 20 جزء في المليون إلي 300 جزء في المليون (Salman, 1975)[55]. وتلك القيم تمثل خاما ضعيفا في محتواه من اليورانيوم واستخلاصة مباشـــرة مكلـــف وغير اقتصادي. لذلك فإنه من الأنسب استخلاص اليورانيوم كنـــاتج جانبي أثناء عمليات تنقية حامض الفوسفوريك للأغراض الصـــناعية والزراعية، ومن المفضل أن تنشأ وحدة استخلاص اليورانيوم هـــذه في موقع مصنع إنتاج حامض الفوسفوريك.

أما عن الرواسب الغير تقليدية الأخرى فهي تتمثل في رواسب الرمال السوداء أو معادن الرمال وتتركز هذه الرواسب على شـــواطئ شمال الدلتا وشمال سيناء. وتوجد هذه الرواسب في صورتين رئيسيتين، الأولي على هيئة رمال شاطئية تغطي منطقة شـــاطئ شـــمال الـــدلتا ، ويختلف تركيز المعادن الاقتصادية من مكان إلى آخر. ويبلـــغ أعلـــى تركيز في المنطقة الموجودة شرق رشيد ثم يقل التركيز تدريجيا كلمـــا اتجهنا جهة الشرق ، ويبلغ متوسط تركيز المعـــادن الاقتصـــادية فـــي المناطق الشاطئية المستوية 3 % تقريبا. أما الكثبان الرملية القريبـــة من الشاطئ فتمتد مسافات طويلة موازية للشاطئ ويصل ارتفاعها إلـــى حوالي 30م عن مستوي سطح البحر. وهذا بالإضافة إلي أن تعدين تلك الرواسب وفصل المعادن المشعة منها سوف يكون له مردودا موجبا من النواحي البيئية، حيث أنه سوف يخلص البيئة من المعادن التي يمكن أن تلوثها إشعاعيا مما يساعد علي دفع مشروعات التنمية بتلـــك المنـــاطق

الساحلية الهامة. تبلغ نسبة المعادن الاقتصادية في تلك الكثبان 4 % تقريبا.

وهناك احتياطيات هائلة من تلك الخامات التي يمكن أن يكون لها مردودا قوميا استراتيجيا إذا ما أحسن تعدينها وتركيزها ومعالجتها لفصل المعادن ذات القيمة الاقتصادية مثل الزركون والمونازيت والالمينيت والروتيل وغيرها . وفيما يلي بعض الاستخدامات الهامة لتلك المعادن :

1- الإلمينيت : وهو أكسيد التيتانيوم والحديد ، ويستخدم كمادة أساسية في صناعة البويات.

2- الزيركون : وهو سليكات الزيركونيوم ، ويستخدم كمكون أساسي في مادة الطلاء الخارجية للسيراميك ، كما يستخدم لاستخلاص الزيركونيوم الذي يدخل في تصنيع قضبان الوقود النووي .

3- الروتيل : وهو أكسيد التيتانيوم النقي ، ويستخدم في صناعة أسياخ اللحام حيث يدخل في تركيب الغلاف الخارجي لمادة الأسياخ ، كما يستخدم لاستخلاص التيتانيوم .

4- الليكوكزين : وتركيبه الكيميائي متوسط بين الإلمنيت والروتيل ويمكن أن يحل محل أي منهما في الاستخدامات الصناعية في بعض الحالات .

5- الجارنت : وهو سليكات الألمنيوم والحديد والماغنسيوم ، ويستخدم في صناعة أحجار الجلخ وأوراق الصنفرة.

6- الماجنيتيت : وهو أكسيد الحديد ، وليس له استخدام في الوقت الحالي ولكنة يعتبر خامة ذات رتبة منخفضة للحديد .

بالإضافة إلي ذلك، هناك احتمال لاستخلاص بعض النواتج الثانوية مثل الذهب وخام القصدير وبعض المعادن الأخرى التي توجد بنسب ضئيلة ، كذلك تحتوي الرمال علي مجموعة من معادن السيليكات الخضراء التـي يمكـن أن تكون مادة مالئة وملونة في خامات مواد البناء.

4-3-3: المملكة العربية السعودية

تمثل المملكة العربية السعودية جزءا كبيرا من الدرع النـوبي العربـي والذي يتكون أساسا من صخور القاعدة المركبة والتي تتركز أساسا في الجـزء الغربي من المملكة مكونا ما يسمي بالدرع العربي. وتتكون أساسا من الصخور الأفيولينية والبركانية والرسوبية والجرانيتية مع بعض البـازلت الذي ينتمي إلي العصر الثلاثي في أغلب الأحيـان (Duyverman, 1984)[56]. وتغطـي صخور القاعدة المركبة من الشرق والشمال الغربـي تتـابع مـن الصـخور الرسوبية تنتمي إلي عصور مختلفـة، مـن الباليوزويـك حتـي الحـديث[57] (Powers et.al., 1966). وتتوافر معلومات منشورة ضئيلة عن اليورانيـوم في المملكة العربية السعودية، وأن معظم الشاذات الإشعاعية المعروفة تنتمـي إلي الصخور الجرانيتيـــة[59&58] (De Voto, 1982 and Alfotawi, et.al., 1991) ، وبالرغم من محدودية البيانات المتاحة إلا أنه قد أمكن جمـع بعض المعلومات عن تطور استكشاف اليورانيوم في المملكة العربية السعودية، وتحديد بعض المناطق ذات الأهمية الخاصة والتي سوف نعرضها في الصفحات التالية.

بالرغم من أنه لم يتم حتى الآن إثبـات وجـود رواسـب اقتصـادية لليورانيوم بالمملكة العربية السعودية ، إلا أنه نتيجة لأعمال الاستكشاف قد تـم تحديد عدد خمسة مناطق لاعتبارها هدفا للاستكشاف وذلك بناء علـى المسـح الإقليمي. وتنتمي تلك المناطق الخمسة إلى ثلاثة بيئات جيولوجية: في الصخور البركانية منطقة الروضة ومنطقة الحنكية، في الحجر الرملـي منطقـة خـزان

تابوك، وفى رواسب الوديان الحديثة مثل منطقة الحليفة وفى طبقات رواسب البحيرات بمنطقتي السبخة والدومائة.

أما طبقات الفوسفات في خزان طورايف فهي تحتوى على اليورانيوم ، ولكن تركيزه تحت المستويات التي يمكن أن تعطى عائدا اقتصاديا من الفوسفات بالنسبة لأسعاره الحالية.

استكشاف اليورانيوم

بدأ استكشاف اليورانيوم فى المملكة العربية السعودية منذ عام 1956م. وكانت جيولوجية المملكة في ذلك الوقت محدودة المعرفة كما أن التمويل المطلوب لعمليات الاستكشاف كان محدودا. وقد بدأ الاستكشاف باستخدام المسح الإشعاعي السيار الذي نتج عنه اكتشاف بعض الشاذات الإشعاعية ولكنها كانت قليلة الأهمية في ذلك الوقت.

وقد بدأ المسح الجوى بالمملكة العربية السعودية باستخدام التسجيل بأجهزة الوميض والأجهزة الطيفية منذ عام 1961 حتى عام 1974م، ولكن تلك المسوحات كانت مبدئية وبغرض تجميع البيانات المغناطيسية الجوية، حيث كانت سرعة الطائرة والملاحة لا تسمح بتسجيل البيانات الإشعاعية. وفى عام 1973م تم تحديد الحجر الرملي بمنطقة الواجيد لمسحها بالطرق الإشعاعية الجوية للبحث عن اليورانيوم، ولكن الجهود التي بذلت بعد ذلك من هيئة نيومونت للمناجم والـ BRGM قد فشلت في تحديد أي رواسب لليورانيوم بتلك المنطقة.

بدأ التقييم المنتظم لاحتمالات اليورانيوم بالمملكة وتوافرت له الميزانيات اللازمة في عام 1974م عندما تم التعاقد مع شركة ميناتوم (Minatome S.A.) على تنفيذ ذلك المشروع الذي اشتمل على ستة مراحل كما يلي:

المرحلة الأولى: تمثل عمل مكتبي لتجميع البيانات وتقييم المعلومات المتاحة وتحديد البيئات الجيولوجية المناسبة. **أما المرحلة الثانية والثالثة:** وتمثل الاستكشاف الحقلي الإقليمي لتلك البيئات وتحديد المناطق الملائمة. **أما المرحلتين الرابعة والخامسة** فتمثلان الأعمال الحقلية للتنقيب في تلك المناطق التي تم اختيارها في المرحلتين السابقتين، وذلك بغرض تحديد مناطق الهدف بطريقة أكثر دقة. **أما المرحلة السادسة** فهي تمثل تحليل البيانات التي تم الحصول عليها وذلك لتحديد رواسب اليورانيوم بمناطق الهدف.

وقد حدد هذا المشروع هدفين هامين لاستكشاف اليورانيوم في صخور البركانيات، المتغيرة بواسطة المحاليل الحارة، التابعة لعصر البروتيروزيك Proterozoic بالدرع العربي. كذلك أسفر المشروع أيضا عن تحديد منطقة في الحجر الرملي التابع لعصر الباليوزوى واثنتين تمثلا تركيزات قريبة من السطح في الطبقات الحديثة الغير متماسكة.

أما طبقات الفوسفات بخزان طوريف فهي تحتوى على اليورانيوم بنسبة تتراوح بين 15 و 40 جزء في المليون، ونادر ما تصل إلى 200 جزء في المليون. ومن الجدير بالذكر أن هناك تقنيات يمكن تطبيقها لاستخلاص اليورانيوم كناتج ثانوي من الفوسفات عند صناعة حامض الفوسفوريك ، و لكن الخبرة في كثير من الأماكن توضح أنه عند هذه النسبة من التركيز ، والأسعار الحالية لا يمكن أن يكون استخلاص اليورانيوم اقتصاديا.

يري الكاتب – بناء علي مراجعة بعض البيانات المتاحة باستكشاف اليورانيوم بالمملكة العربية السعودية وكذلك رؤيته الإقليمية في هذا المجال – أن رواسب اليورانيوم ترتبط في المملكة العربية السعودية بعدة بيئات جيولوجية مختلفة ، ومن أهمها الصخور البركانية والتف القاطعة في الجرانيت الحديث في بعض الشقوق التابعة لنظام صدوع نجد . هذا بالإضافة إلي وجود رواسب اليورانيوم الحديثة المعروفة بالكالكريت . وبفحص الوحدات الجيولوجية الإقليمية

وكذلك التراكيب الجيولوجية السائدة في المملكة العربية السعودية يمكن حصـــر مكامن اليورانيوم المحتملة في نوعين رئيسيين هما : الصخور الجرانيتية الحديثة التابعة للدرع الأفريقي وخاصة تواجدها مع بعض الصخور البركانية الحامضية والتف ، وتتابع الصخور الرسوبية للعصر الباليوزويك. **وعلـــي ذلـــك يوصــــي الكاتب بالاهتمام بالمكامن المحتملة لليورانيوم الآتية:**

أولا : مكمن الصخور الجرانيتية

تكثر منكشفات الصخور الجرانيتية في الشمال الشرقي (شكل 4-76)، والجنوب الغربي والشمال الغربي من الدرع العربي ، ويعتبر الجرانيت الحديث من أنسب الصخور التي يحتمل وجود رواسب لليورانيوم بهـــا . وقـــد أثبتـــت الدراسات التي أجريت علي 17 محقون جرانيتي في شمال غرب المملكـــة أن تلك الصخور تحتوي علي شاذات إشـــعاعية[60] (Stuckless, et at., 1983) وهي مناسبة لاستضافة اليورانيوم . كذلك أثبتـــت دراســـة بعـــض محقونـــات الجرانيت في منطقة مدين احتوائها علي نسبة عالية من اليورانيوم والثوريـــوم، وقد ثبت وجود معدن اليورانوفين في إحدى مواقـــع الشـــاذات الإشـــعاعية (Alfotawi, et ,al.,1991[59]) .

وفي راي الكاتب أن الصخور الجرانيتية في الدرع العربـــي بالمملكـــة العربية السعودية تعتبر من المكامن المحتملة كمصادر لليورانيوم ومن المهم أن يتم تركيز عمليات الاستكشاف علي صـــخور الجرانيـــت " البيرألـــومينص (Peraluminous) ، ثنائية الميكا والغنية في الموليبدنوم والفلورين (Mo, F and An) والتي تقع في المرحلة المتأخرة للحركات البانية للجبال أو بعـــدها Late to post orogenic granite ، ويجدر الاهتمام بنطاقات الحواف لتلك المحقونات الجرانيتية حيث أنها تمثل هدفا جيدا للاستكشاف.

وقد أثبتت الخبرة المصرية في عمليات الاستكشاف أن معظم تمعدنات اليورانيوم تتركز في مناطق حواف محقونات الجرانيت الحديث (Salman ,et . al., 1990)[61] . وفي هذا الجرانيت الحديث يمكن أن توجد رواسب لخامات اليورانيوم الاقتصادية من النوع صغير إلي متوسط الحجم .

كذلك يري الكاتب أن يتم الاهتمام خلال عمليات الاستكشاف بالصخور البركانية الحامضية والقلية الموجودة داخل المحقونات الجرانيتية الحديثة في الدرع العربي بالمملكة العربية السعودية، مع توجيه اهتمام شديد بنطاقات تقاطع صدوع نظام نجد التي تضرب في اتجاه شمال غرب – جنوب شرق مع الصدوع التي تضرب في اتجاه شرق شمال شرق – غرب جنوب غرب ، حيث أن نطاقات التقاطع تلك تمثل بيئة مناسبة لترسب خامات اليورانيوم إذا وجدت الظروف الجيوكيميائية المناسبة.

ثانيا : مكمن الصخور الرسوبية (العصر الباليوزويك)

تقع منكشفات الصخور الرسوبية للعصر الباليوزوي في شمال غرب المملكة العربية السعودية (شكل 4-77)، ويجب أن يتم دراسة التتابع الاستراتيجرافي والمكون المعدني لتلك المنكشفات للتعرف علي الظواهر المناسبة لتكوين خامات اليورانيوم في هذا التتابع السميك وخاصة التي تناسب تكوين خامات اليورانيوم من نوع الحجر الرملي Sandstone Uranium (Type Deposits).

وتجدر الإشارة إلي أنه قد ثبت وجود معادن اليورانيوم الثانوية في منطقة أبو زنيمة بغرب سيناء بمصر في العصر الكربوني الأسفل (Afifi,S.4.,199)[62]. كذلك ثبت وجود بعض الشاذات الإشعاعية العالية في منطقة وادي عربة بشمال الصحراء الشرقية في صخور مماثلة[63] Salman (and EL- Aassy- 1983).

لذلك يري الكاتب أن صخور العصر الباليوزوي في شمال غرب المملكة العربية السعودية يمكن اعتبارها هدفا جيدا لاستكشاف خامات اليورانيوم بها ، حيث يوجد احتمالات طيبة لوجود خامات لليورانيوم من نوع الحجر الرملي اليورانيومي . وتجدر الإشارة إلي أن هذا النوع من خامات اليورانيوم يمكن تعدينها وهي في مواقعها (In-situe Leaching) وبذلك يتم استخلاص اليورانيوم منها بتكاليف زهيدة، كذلك يحتمل احتوائها علي عناصر ثمينة أخري يمكن استخراجها كنواتج ثانوية مع اليورانيوم، وهذا يساعد أيضا علي تخفيض التكلفة.

ثالثا: مكامن السبخات

يري الكاتب أنه يجب الاهتمام بمناطق السبخات وخاصة الموجودة في أحواض مغلقة، أو شبه مغلقة والتي لها اتصال ببعض صخور مصادر اليورانيوم مثل الجرانيت الحديث والبركانيات الحمضية والقلية والتف. حيث أن هذا النوع من الخامات يمكن استخلاص اليورانيوم منه بسهولة وبتكلفة رخيصة.

4-3-4 : الجمهورية العربية السورية

بدأت عمليات البحث عن اليورانيوم والخامات النووية في سوريا في عام 1960م وكان ذلك من خلال عمليات استكشاف محدودة شملت بعض القطاعات الرسوبية، وقد توقفت تلك العمليات مع الانتهاء من رسم خريطة جيولوجية لسوريا. وفى السبعينات تجددت بعض علميات الاستكشاف المحدودة عن الخامات النووية وخاصة اليورانيوم في مناطق خام الفوسفات في السلسلة التدمرية[64].

بدأت عمليات التنقيب الشاملة عن الخامات النووية في هيئة الطاقة الذرية السورية في عام 1982 بعد أن تم التمهيد لهذه الدراسات بعقد حلقة خبرة في هيئة الطاقة الذرية بدمشق، ضمت مجموعة من الخبراء العالميين وذلك

بغرض وضع خطة للتنقيب عن اليورانيوم والخامات النووية في سوريا، وقد خلصت حلقة الخبرة هذه إلى تحديد مناطق الأهل الآتية للتنقيب عن اليورانيوم بها، وفيما يلي أهمها:

1- مناطق انتشار رواسب الفوسفات (السلسة التدمرية).

2- مناطق الصخور النيوجينية - الرباعية المجاورة لمناطق الصخور الفوسفاتية.

3- مناطق السبخة في نطاق السلسلة التدمرية والبادية.

4- الصخور النارية في الشمال الغربي من سوريا والصخور البركانية في الجنوب والمنطقة الوسطى.

5- الصخور الحطامية والصخور الحاوية للمواد العضوية في قاعدة العصر الطباشيري.

عمليات استكشاف اليورانيوم بسوريا

أجريت عمليات مختلفة لاستكشاف اليورانيوم في الأراضي السوريا ، وقد شملت تلك الأعمال المسح الإشعاعي السيار ، المسح الإشعاعي اليدوي واستخدام تقنية غاز الرادون.

أسفرت عمليات المسح الإشعاعي الجوي عن وجود منطقتان رئيسيتان ذات شواذ إشعاعية مرتفعة وهما منطقة العوابد (وادي الرخيم) في التدمرية الشمالية ومنطقة تليثاوات الجنة - السيجري في البادية السوريه. ولقد بين التدقيق الجيولوجي الحقلي أن الشاذات الإشعاعية مرتبطة برواسب خامات الفوسفات المنكشفة علي السطح في هاتين المنطقتين.

وقد أكدت عمليات المسح الإشعاعي بالعربة في المناطق التي أظهرت شاذات إشعاعية بالمسح الإشعاعي الجوي أن هذه الشاذات مرتبطة ومتوافقة مع ظهور خامات الفوسفات (شكل4-78).

وقد أكد المسح الإشعاعي اليدوي علي وجود بعض القراءات العالية لأشعة جاما، ووجود بعض التراكيز الضعيفة لليورانيوم في قشور السبخة الكالكريتية والجبكريتية الرقيقة علي أطراف حوض الدو في قلب السلسلة التدمرية . وقد تمثلت في وجود معادن ثانوية لليورانيوم نتيجة لغسل الصخور وتحرك اليورانيوم في الأنظمة الهيدروجيولوجية إلي أحواض داخلية مغلقة جزئيا كحوض الدو وسبخة الموح .

كذلك أظهرت استخدامات غاز الرادون في استكشاف اليورانيوم عن وجود بعض القيم العالية نسبيا في مناطق مختلفة من القطر السوري . ففي منطقة سهل الغاب توافقت القيم المرتفعة لغاز الرادون مع اتجاهات الفوالق والكسور التكتونية الهامة مثل الإمتداد الشمالي لفالق المشرق (فوالق البحر الميت التحولية) . وفي منطقة خربة حنورة ظهرت بعض القيم العالية والشواذ المسجلة الموافقة لبعض التمعدنات الثانوية لليورانيوم وذلك علي الحد الفاصل بين تشكيلات الباليوجين البحرية وتشكيلات النيوجين القارية، وفي منطقة التياس التي تقع في منتصف الطريق بين مدينتي تدمر وحمص علي الإطراف الشمالية لحوض الدو . أظهرت النتائج الأولية وجود تركيز عال نسبيا لجسيمات ألفا علي إمتداد نطاق التماس بين الباليوجين والنيوجين .

<u>من مراجعة البيانات والدراسات المتاحة الخاصة بإستكشاف اليورانيوم في الجمهورية العربية السورية[64] يمكن استخلاص مايلي :</u>

أولا : أن المصدر الرئيس الحالي لليورانيوم هو رواسب الفوسفات والتي بدأ تعدينها في بعض المناطق منذ فترة طويلة . ويستخدم جزء من خام

الفوسفات في إنتاج حمض الفوسفوريك. ويتراوح متوسط اليورانيوم بين حوالي 60 إلي 100 جزء في المليون في خامات الفوسفات الرئيسية التي تتبع عصر (الكامبانيان) . أما فوسفات العصر الباليوجيني يبلغ متوسط نسبة اليورانيوم فيه إلي 37 جزء في المليون تقريبا .

يتضح من ذلك أن إستخلاص اليورانيوم من خامات صخور الفوسفات كعملية متكاملة سوف تكون باهظة التكاليف وغير اقتصادية ، ولكن يمكن إستخلاص اليورانيوم كناتج جانبي خلال عملية تصنيع حامض الفوسفوريك . ويتضح من مراجعة بعض البيانات المتاحة أنه قد تم فعلا إقامة مختبر تجريبي لإستخلاص اليورانيوم من حمض الفوسفوريك ، وهناك بعض الدراسات والبحوث المشتركة بين الخبراء السوريون والهنود في هذا المجال . ولكن ذلك – في رأي – لايكفي حيث أن هذا الموضوع يجب أن يوضع في المقام الأول من حيث الأهمية، ويجب أن يتم توفير الإعتمادات اللازمة حتي يخرج هذا المشروع من الحيز التجريبي إلي الحيز الصناعي في أسرع وقت ممكن، ولقد أنشأت سوريا مؤخرا وحدة لاستخلاص اليورانيوم من حامض الفوسفوريك. وبناءا" علي النتائج التي تظهر من تلك الوحدة يمكن العمل علي زيادة قدرتها الإنتاجية من ركاز اليورانيوم.

ثانيا : من الدراسات التي تمت علي توزيع اليورانيوم في صخور الفوسفات السوري يتضح أنه توجد بعض تركيزات عالية لليورانيوم في بعض الشقوق والفواصل حيث وصل تركيز اليورانيوم في بعضها إلي 3000 جزء في المليون ، ولذلك يجب توجيه الأنظار إلي أهمية دراسة النظام التركيبي في السلسة التدمرية وحوض الدو . كما يجب عمل دراسات جيوفيزيقية لتحديد امتدادات رواسب الفوسفات في الأعماق المختلفة وخاصة في منطقة الحد الفاصل بين نطاق الاختزال والأكسدة حيث تزداد الاحتمالات للكشف عن خام لمعادن اليورانيوم الأولية.

ثالثا : أظهرت تطبيقات إستخدام تقنية قياس غاز الرادون (شكل 4-79) زيادة غير عادية في بعض المناطق وخاصة في منطقة سهل الغاب ومنطقة خربة حنورة .

وبالنسبة لمنطقة سهل الغاب ارتبطت القيم العالية لغاز الرادون بمنطقة فالقية مخلعة تكتونيا، وهي تمثل الامتداد الشمالي لفالق المشرق . وتعتبر هذه المنطقة غاية في الأهمية حيث أن القراءات المرتبطة بها عالية جدا بالمقارنة بقيم تركيزات غاز الرادون في المناطق الأخرى . ويمكن تركيز البحث في هذه المنطقة وعمل خرائط جيولوجية وإشعاعية تفصيلية ثم إجراء مسح جيوفيزيقي أرضي تفصيلي أيضا حيث يمكن أن يسفر ذلك عن وجود جسم لخام أولي لليورانيوم علي أعماق يتبع الرواسب العرقية. أما منطقة خربة حنورة والتي تقع علي نطاق التماس بين تشكيلات الباليوجين البحرية وتشكيلات النيوجين القارية، فقد أظهرت نتائج قياسات غاز الرادون في هذه المنطقة بعض القيم العالية والشاذات المسجلة المرافقة لبعض التمعدنات الثانوية لليورانيوم علي امتداد بعض الخنادق المحفورة . ومن وجه نظري فإنني أري أنه يمكن التركيز علي هذه المنطقة من ناحية استكشاف رواسب لليورانيوم بها ورسم خرائط جيولوجية وتركيبية وإشعاعية تفصيلية . يتلو ذلك إجراء بعض الدراسات الجيوفيزيقية لتتبع خط التماس علي أعماق مختلفة ويمكن أن يتبع ذلك مرحلة من الحفر الميكانيكي اللبي أو الحفر الدقاق بحيث يتم تصميم برنامج الحفر علي أن تقطع تلك الآبار الحد الفاصل بين نطاقي التأكسد والاختزال حيث تزداد احتمالات الكشف عن رواسب أولية لليورنيوم.

رابعا: الإهتمام بإستكشاف رواسب اليورانيوم في السبخات وخاصة في الأحواض المغلقة أو شبه المغلقة في حوض الدو والمتاخمة لصخور خامات الفوسفات . ويمكن إجراء بعض الدراسات الأكثر تفصيلا علي الأحواض التي أعطت نتائج أولية إيجابية .ومن وجة نظري يمكن أن

يمثل هذا الموضوع مرتبة ثانوية بالنسبة للموضوعات التي سبقته، حيث أن احتمالات وجود رواسب اقتصادية من هـذا النـوع وتحـت هـذه الظروف يعتبر احتمالا ضعيفا .

5-3-4 : بالسودان

تنتمي منكشفات الصخور فى السودان إلي ثلاثة وحدات رئيسـية هـي صخور القاعدة المعقدة التابعة لعصـر (البريكامبريـان) ، يليهـا الصـخور الرسوبية التابعة للحقب الميزوزيك والحقب الثلاثى. وتتكون صـخور القاعـدة المعقدة من الجرانوديوريت والنيس، المجماتيت، الشيست الأمفيبوليت، وأجسـام الجابرو ومحقونات الجرانيت المواكبة للحركات التكتونية. كذلك يظهر مجموعة من محتويات الصخور الجرانيتية والسيانيتية والتى ترجع أعمارها إلى ما بعـد الحركات التكتونية ، وتمثل هذه المجموعة آخر الأحـداث الكبيـرة للصـهارة (magma) فى المنطقة. ويمثل الصخور الرسوبية المحيطة تكـوين (نـوا) الذى يتكون من الحجر الطينى وقليل مـن الحجـر الجيـرى ويتبـع عصـر الميزوزوى، كذلك الحجر الرملى النوبى الذى يتبع جزء منه العصر الطباشيرى بالإضافة إلى الرواسب القليلة التماسك والتى تتبع الحقب الثلاثى والرباعى.

أما عن المعلومات المتاحة والخاصة باليورانيوم فـى السـودان فإنهـا محدودة. وتوجد شاذة اشعاعية فى منطقة أورو بجبال النوبـة[65]، وهـذه الشاذة مصاحبة لنطاق من البريشيا.

وقد أعطت نتائج تحاليل عينات من تلك المنطقة القيم التالية وهى تمثـل الحـد الأقصى كما يلى:

U = 2220 ppm	P2O5 =26.1%	Al2O3 = 35.4%
V = 3080 ppm	Ba = 14000 ppm	F = 7900 ppm

هذا بالإضافة إلى ارتفاع نسبة الكروميوم، النحاس والزنك في معدن فوسفات الألومنيوم (كراندليت). وتحتل هذه البريشيا التكتونية نطاق أحد الشقوق التي تميل بشدة ناحية الغرب والتي تقطع في صخور الإردواز الجرافيتي. ويتراوح سمك هذا النطاق بين 7 إلى 40 متر ويبلغ طوله 5، 1 كم. وتتكون الصخور التي تحتل هذا النطاق من أجزاء محدبة من الإردواز و الكوارتزيت والرخام (Sadig. et al., 1988)[65].

هذا وقد تم ذكر الشاذات الإشعاعية الأخرى فى موقع " ميرى " بمنطقة كادوجلى في الجزء الجنوبي من إقليم كردفان الموجود ضمن جبال النوبة. وتوجد عروق التمعدنات فى الصخور الجرانيتية، ويسود عنصر الثوريوم ولكن اليورانيوم موجود أيضا بنسب عالية. وتتراوح كمية اليورانيوم بين 13 إلى 300 جزء في المليون بينما تتراوح كمية الثوريوم بين 5 إلى 769 جزء فى المليون. ومن الجدير بالذكر أن ذلك العرق المتمعدن غنى فى الزركونيوم حيث يصل 11381 جزء في المليون، والنايوبيوم = 4017 ، والإسترونشيوم = 1160 والسيزيوم 5168 والانثانوم 1092 جزء في المليون (Parslow, et al., 1992)[66].

في ضوء المعلومات المتاحة عن اليورانيوم بالسودان والظواهر الجيولوجية والتركيبية الإقليمية، يري الكاتب اعتبار بعض البيئات الجيولوجية أهدافا للبحث عن خامات اليورانيوم التقليدية. **ويمكن تحديد تلك الأهداف في نوعين أساسيين هما الأحواض التركيبية (Rift basins) والصخور الجرانيتية) كما يلي:**

أولا : الأحواض التركيبية

يرجع تكوين تلك الأحواض إلى حركات تكتونية خلال العصر الطباشيرى حيث تنتشر تلك الأحواض فى جنوب السودان (**شكل 4-80**).

وتحتوى تلك الأحواض على تتابعات سميكة من طبقـات الرسـوبيات الغيـر بحرية. وتشتمل تلك التكاوين على الحجر الرملى الأركوزى الذى ترسب فـي بيئة مائية نهرية، وقد ترسبت طبقات الطفلة والطين فى ظروف بيئية مختزلـة وتحتوى على نسبة من المواد العضوية تتراوح بين 5% إلـى 20% . ومـن أشهر هذه الأحواض حوض موجلد (أبو جبرا) ومولت وأحواض النيل الأزرق. ويتصل حوض أبو جبرا بنظام التركيب الأخدودي " rift " الذى يمـر بوسـط وغرب أفريقيا من خلال امتداده فى جنوب تشاد. ومن الجدير بالذكر أن معظم حقول البترول المكتشفة فى جنوب السودان تتركز فـى حـوض أبـو جبـرا (Nagati, 1986)[(67)] .

ويرى الكاتب أن تلك الأحواض التركيبية بأبو جبرا يمكـن اعتبارهـا مكامن ذات احتمالات عالية لوجود اليورانيوم بها. وهذا يرجـع إلـى وجـود الظواهر المتوفرة فى رواسب اليورانيوم المرتبطة بالحجر الرملـى فـى هـذا الحوض. إضافة إلى ذلك فإن وجود تتابع سميك من الحجر الرملـى القـارى الذى يحتوى على طبقات من الطفلة الغنية بالمواد العضوية وكذلك وجود مكامن للبترول فى هذا الحوض يمكن أن يكون عاملا مختزلا يساعد على تثبيت معادن اليورانيوم. كذلك فإن تلك الأحواض التركيبية محاطة بكميات هائلة من صخور القاعدة المعقدة التي تحتوى على نوعيات من الصخور الغنية نسبيا بـاليورانيوم حيث يمكن لهذه الصخور أن تلعب دوراً رئيسيا كمصدرا جيدا لليورانيوم، ومن أهم تلك الصخور الجرانيت الحديث والسيانيت والصخور البركانية الحمضية .

ويوصي الكاتب بإعادة فحص بيانات آبار البترول التي تم حفره في تلك المنطقة، حيث أن ذلك يمكن أن تلفت النظر إلي وجود بعض الطبقـات الغنيـة باليورانيوم والتي يمكن أن تؤدي إلي اكتشاف خام اقتصادي لليورانيوم.

ثانيا : الصخور الجرانيتية

تغطي المحقونات الجرانيتية مساحة كبيرة من جبال النوبة السودانية، وتتكون من الجرانيت القديم والجرانيت الحديث. يتكون الجرانيت القديم من النوع الكلس- قلى (Calc-alkaline). أما الجرانيت الحديث فهو يمثل محقونات بعد – تكتونية (Post - tectonic) ، قلية (alkali) فقيرة فى أكسيد الماغنسيوم وعالية إلى مشبعة فى السليكا (Ghuma and Rogcrs,1978)[68] وتعتبر الصخور الجرانيتية وخاصة الحديثة منها من مكامن اليورانيوم المحتملة. ومن الجدير بالذكر أنه قد ثبت أن بعض المحقونات الجرانيتية والسيانيتية فى جبال النوبة أظهرت محتوى عال من اليورانيوم والثوريوم (.,Parslow et al 1992 and Sadig, dt al., 1988)[65 & 66]. وعلى ذلك يمكن اعتبار مواقع الجرانيت البعد – تكتونى فى السودان من المكامن ذات الاحتمالات الجيدة لوجود رواسب اليورانيوم سواء من النوع العرقى (vein) أو من النوع المنبث (disseminated) إذا ما توافرت الظروف التركيبية والجيوكيميائية المناسبة.

4 – 3 – 6: المغرب

نبذة تاريخية

كان للطاقة الذريـــة الفرنســـية (CEA) بعثـــة نشـــيطة لاستكشـــاف اليورانيوم في المغرب خلال الفترة من 1946 حتي 1947 م. بدأت هذه البعثة في التعاون مع قسم التعدين بالمغرب خلال الفترة من 1951 حتي 1953م.

في عام 1953 تأسست شركة مغربية – فرنسية مشتركة سميت بالشركة المغربية لأبحاث التعدين (SOMAREM) ، وقد اشتركت الولايات المتحـــدة في هذه الشركة . وقد استمر نشاط هذه الشركة حتي عام 1956 حيـــث قامـــت بنشاط إستكشافي عام في جميع الأراضي المغربية . كان اهتمام هذه الشركة في أنواع الرواسب العرقية، ثم شمل مؤخرا أنواع الرواســـب المشـــابهة بهضـــبة الكلورادو . وقد استخدم طرق المسح الجوي ، والمسح السيار والمســـح علـــي الأقدام .

في عام 1970 ، اشتمل جزء من البرنامج البحثي عن المواد الفلزيـــة بمنطقة أنتي أطلس ، وقد نفذ هذا المشروع بواســـطة الأمـــم المتحـــدة والـــــ BRGM، وقد أشتمل علي مسح إشعاعي إقليمي لمنطقة المشروع والتي غطت 1800كم2 وذلك بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية أيضـــا . فـــي عـــام 1973 م ، كجزء من معونة الوكالة للمغرب ، قام أحد الخبراء العاملين بقســـم الاستكشاف والتعدين التابع BRGM بتلخيص الدراسات السابقة وقام بوضـــع التوصيات للمنطقة التي اختارها .

منذ عام 1974 بذل الـــ BRGM مجهــودات كبيــرة فـــي مجـــال الاستكشاف . وخلال فترة زمنية مدتها ثلاثة ســنوات أثنـــاء تنفيــذ البرنـــامج الاستكشافي لبعض الاهداف تم وضع استراتيجية للبحـــث بطرقـــه المختلفـــة . واستمر في هذه الاستراتيجية حيث قام بتشكيل فرق جيولوجية متكاملة لتـــدريب الأفراد والحصول علي أجهزة مناسبة . وتم عمل دراسة جيولوجية واستطلاعية لتكاوين " برمو – ورفينين في منطقة بنـــي مادن حيث يوجـــد بئـــر قديــــــم (Pb, Zn & Cu) حيث أثبتت وجود تمعدنات لليورانيوم ، وأعطـــت الأمـــل لاحتمالات وجود رواسب لليورانيوم في المغرب ، وســـاعدت علـــي اختيـــار المناطق وترتيبها حسب أهميتها من ناحية استكشاف اليورانيوم.

وعلي ذلك تم اختيار مشروعين في مولويا العليا ومرتفعات غرب أطلس للدراسة . ففي منطقة مولويا العليا تم اجراء دراسات استطلاعية. وقـــد أثبتـــت النتائج الأولية وجود العديد من الشاذات الإشعاعية في قاعدة الصخور الرسوبية للعصر الترياسي ، ولذا تم اختيار نطاق لعمل حفر ميكانيكي لبي وذلك بغرض الاستطلاع الجيولوجي . أما في مرتفاعات غرب أطلس ، فقد تم اكتشاف طبقة من الحجر الرملي الحامل لليورانيوم في الرواسب القارية للحجر الرملي التـــابع للعصر الطباشيري في منطقة أيمن تانوت (إقليم مراكش) . وقد تـــم وضـــع برنامج للحفر اللبي والحفر الدقاق يغطي امتداد 15 كم من المنكشـــفات التـــي تشتمل علي شاذات إشعاعية . وفيما يلي سرد تاريخي للأعمال الاستكشافية في المغرب.

في عام 1979 ، 1980 ، استمر النشاط الاستكشـــافي فـــي صـــخور العصر الطباشيري في حوت أطلس أكسيدنتال ، وفي البرموترياســـي بمنطقـــة حوت مولويا، وفي مناطق صخور البريكاميريان في مناطق أنتي أطلس . كذلك تم تنفيذ برنامج للاستكشاف الجيوكيميائي وذلك للتنقيب في صخور القاعدة فـــي

نوردمستان وذلك بمساعدة الوكالة الدولية للطاقة الذرية . كذلك ساعدت الوكالة في تنفيذ برنامج لمسح منطقة بوتونيري بو أزار الجرارا.

خلال عام 1981 ، 1982 استمر التنقيب في الصخور القارية للعصـــر الطباشيري في مرتفعات جبال أطلس (إقليم مراكش) . كذلك أستمر التنقيـــب في كل مكان ، في حوض العصر الثلاثي بأورزازات ، بالقرب من منتصـــف نهر مولويا، وفي مناطق البريكاميبريان بأنتي أطلس أجري مسح إشعاعي سيار في منطقة شمال شرق مراكش .

خلال عام 1983 ، 1984 أجل برنامج المسح الطيفي في منطقة حوت أطلس أكسيد نتال بسبب ضعف الميزانية . وقد استبدل هذا البرنـــامج بـــبعض عمليات المسح الجيولوجي والاشعاعي والحفر بمناطق مختارة في أنتي أطلس .

وفي عام 1985 استخدمت الهيلـــوكبتر فـــي المســـح المغناطيســـي ، والكهرومغناطيسي والطيفي لمسح 8000 كم2 في مرتفعات أطلس وذلك للبحث عن اليورانيوم والفلزات الأساسية. وقد تم اكتشاف العديد من شاذات اليورانيوم واليورانيوم – ثوريوم .

ومن الجدير بالذكر أنه قد تم حفر عدد 204 بئر سطحي بطول إجمالي 25300 متر في مناطق الاستكشاف بالمغرب وذلك حتي أواخر عام 1984 .

وقد بلغ إجمالي المنصرف علي تلك العمليات الاستكشافية حتـــي عـــام 1987 مبلغ 2,25 مليون DH بالإضافة إلي 752 ,2 مليون دولار أمريكي .

وقد تم تقييم تلك الشاذات خلال الفترة مـــن 1984 حتـــى 1987 وقـــد جاءت النتائج غير مشجعة حيث أن تركيز اليورانيوم غير اقتصـــادي وتمـــت التوصية بعدم إجراء أعمال أخري .

لقد جاء في تقرير المغرب بالكتاب الأحمر الذي تصدره الوكالة الدولية للطاقة الذرية في عام 1989 أنه لا يوجـد خامـات تقليديـة لليورانيـوم فـي المغرب[69]. ومع ذلك فإنه قد أقر بوجود العديد من مواقع اليورانيوم المعروفـة في أنتي أطلس ، حوت أطلس ، أكسيدنتال الأوسط ، مسـتا ومـوين أطلـس وحوت مولويا . ومن الناحية الجيولوجية فإن تلك المواقع المشعة تتوضع فـي جرانيت البريكامبريان و الباليوزوي ، وكذلك في الوحـدات الرسـوبية التـي تنحصر أعمارها بين الكامبريان والطباشيري . وقد تم تقدير تلك الاحتياطيـات والتـي تقـع ضـمن مجموعـة الـ SPECULAIVE RESOURCESخلال عام 1983 بكمية تتراوح بين 000 70 سبعون ألـف طن إلي 180000 مائة وثمانون ألف طن يورانيوم .

إضافة إلي ذلك فإنه يوجد احتياطيات هائلة من اليورانيوم في خامـات الفوسفات نورد بيانها في الجدول رقم 4-1.

جدول 4 – 1 احتياطيات اليورانيوم في خامات الفوسفات بالمغرب

أسم الراسب	الموقع	طنية الخام	التركيز جرام يورانيوم للطن
أولاد عبدون	خوريجبا	3220000	120
جانتور	يوسوفيا	966000	130
	بن جورير	240000	180
عود الدهب	بوكرا	57000	60
مسكالا	إسوريا	2043000	100

من فحص البيانات المتاحة عن رواسب اليورانيوم في المغرب فإنه يمكن للكاتب التوصية بما يلي :

أولا : إعادة تقييم مواقع اليورانيوم بالنسبة للخامات التقليدية في مناطق جبال أطلس مع الاهتمام بالصخور الجرانيتية ثنائية الميكا والتي تنتمي الي الجرانيت الحديث 400 إلى 600 مليون سنة، مع الاهتمام بالصدوع الضاربة في تلك الصخور وخاصة مواقع تقاطعات الأنظمة التركيبية المختلفة . وتجدر الإشارة أنه يمكن الوصول الي خامات تقليدية لليورانيوم من النوع صغير الي متوسط الحجم في تلك البيئات الجيولوجية .

كذلك يجب الاهتمام بالأحواض البين جبلية والتي تحتوي علي رواسب الباليوزويك حيث هناك احتمالات لاكتشاف خامات من الحجر الرملي الحامل لليورانيوم Sanalstone uranium type حيث أن تلك الأحواض تمثل مكامن مناسبة لاصطياد اليورانيوم إذا ما كان هناك مصدرا قريبا ووجدت البيئة الجيوكيميائية المناسبة للترسيب .

ثانيا : أما فيما يختص بخامات اليورانيوم الغير تقليدية فإن رواسب الفوسفات المغربي تعتبر من أعلي خامات الفوسفات نسبة في اليورانيوم . ولكن عملية استخلاص اليورانيوم من الفوسفات تعتبر غير اقتصادية ، ونوصي باستخلاص اليورانيوم كناتج فرعي بجانب صناعة حامض الفوسفوريك ، حيث يمكن إنشاء وحدة لاستخلاص اليورانيوم في نفس موقع مصنع حامض الفوسفوريك . وتجدر الإشارة إلي أن هذه الوحدة سوف تكون اقتصادية حيث أنه بالإضافة إلي قيامها باستخلاص اليورانيوم من حامض الفورسفوريك فإنها يمكنها الوصول بالحامض إلي درجة نقاوة عالية تجعله صالحا لاستخدامات صناعية وزراعية عديدة ترفع من اقتصاديات هذه الوحدة .

4 - 3 - 7 : المملكة الأردنية الهاشمية

قسمت خامات اليورانيوم المحتملة في الأردن إلي خامات غير تقليدية مثل الخامات الفوسفاتية والصخر الزيتي. أما خامات اليورانيوم التقليدية فلا تكاد تكون موجودة بالأردن.

تمثل الخامات الغير تقليدية تلك الخامات التي يصعب استغلالها بشكل مباشر أو كمنتج أولي – نظرا للمحتويات المتدنية نسبيا – ولكن كمنتجات ثانوية خلال الاستخدامات الأخرى وتشتمل علي المجموعتين التاليتين:

أولا : الفوسفات

توضح المعلومات المتاحة أن حوالي 60% من مساحة الأردن مغطاة بتكاوين تشتمل علي طبقات الفوسفات (شكل 4-81) التي توجد إما قريبة من السطح أو علي أعماق مختلفة. ويبلغ احتياطي اليورانيوم في فوسفات الأردن حوالي مائة ألف طن، وذلك حسب التقديرات الواردة في نشرة الكتاب الأحمر التابع للوكالة الدولية للطاقة الذرية. وهذا الاحتياطي غير قابل للاستغلال كما هو معروف في المنظور الحالي . وقد تم في هذا التقرير الأخذ في الاعتبار سائر الطبقات الفوسفاتية ضمن مناطق المناجم سواء التي يستغل الفوسفات منها أو لا يستغل (البشير 1997)[70] . ويتراوح محتوي اليورانيوم في رواسب الفوسفات في الأردن بين 40 إلي 160 جزء في المليون .

هذا وقد إشارات بعض الدراسات إلي أن هناك عدم توازن إشعاعي حاد في سلسة اليورانيوم 238 في بعض فوسفات منطقة مناجم الحسا. وهذا يفسر وجود عملية غسيل هام لليورانيوم من الفوسفات في هذه المنطقة والذي ربما يكون قد هاجر إلي مواقع غير معلومة.

ثانيا : الصخر الزيتي

يتواجد الصخر الزيتي في الأردن بمواقع عديدة أهمها مناطق اللجـــون، السلطاني ، وجرف الدراويش. وتقع طبقات الصخر الزيتي في قاعدة طبقـــات الطبشور وهي تعلوا طبقات الفوسفوريت. وهذه الصخور الزيتية السوداء ليست صخور طينية كما هو مألوف في الخامات المماثلة في العديد من بلدان العالم بل هي كلسية – طينية أو حورية.

تقدر احتياطيات الصخر الزيتي الموجود في الأردن والقابلة للاستغلال بطرق التعدين المكشوفة بحوالي 40 بليون طن ، وتحتوي هذه الكميـــة علـــي حوالي 4 بليون طن بترول ، هذا بالإضافة إلي كميات أخري ضخمة توجد علي أعماق كبيرة . ولا يوجد معلومات تذكر حول محتوي اليورانيـــوم فـــي هـــذه الصخور الزيتية . وفي بعض التحاليل المحدودة تبين أن محتوي اليورانيوم فيها يتراوح بين 4 إلي 50 جزء في المليون (البشير 1997)[70].

الخامات التقليدية

أشارت عمليات المسح الإشعاعي لبعض المناطق بالأردن إلي وجـــود بعض الشاذات الإشعاعية التي يرتبط بعضها بمناطق الخامات الفوسفاتية والآخر بغاز الرادون المنبعث مع الينابيع الحارة . كذلك كان هنـــاك بعـــض الشـــاذات المرتبطة ببعض الطبقات بالحجر الرملي التابعة للعصر الأوردوفيشي وبعـــض صخور الجرانيت .

وقد وصل محتوي الثوريوم في الصخور الاوردوفيشية إلي مـــا يزيـــد علي ألف جزء في المليون ، وعلي قليل من اليورانيوم حيث المحتـــوي القابـــل للاستخلاص منه في حـــدود 45 جـــزء فـــي المليـــون . وتوجـــد الصـــخور الأوردوفيشية الرملية في الأجزاء الجنوبية الشرقية وخصوصـــا فـــي منـــاطق دبيديب وجبل المدورة.

أما محتوي اليورانيوم في صخور القاعدة الجرانيتية فهي متدنية حيث بلغت 38 جزء في المليون.

من مراجعة البيانات المتاحة عن اليورانيوم في المملكة الأردنية الهاشمية يمكن التوصية بما يلي :

أولا : تعتبر خامات الفوسفات هي المصدر الرئيسي لليورانيوم حيث يتراوح محتواها منه 40 إلي 160 جزء في المليون . وتعتبر عملية استخلاص اليورانيوم من صخور الفوسفات كعملية متكاملة باهظة التكاليف وغير اقتصادية . وعلي ذلك فيجب توجيه الأنظار إلي أهمية استخلاص اليورانيوم كناتج ثانوي خلال عملية تصنيع حامض الفوسفوريك .

ويتضح من مراجعة البيانات المتاحة أن الأردن كان لديه خطة لإنشاء مصنع تجريبي لاستخلاص اليورانيوم من حامض الفوسفوريك ، وقد أتم فعلا المرحلة الأولي التي دعمتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية في عام 1990 . وبعد تقديم الوثائق الوافية لمشروع المرحلة اللاحقة المتعلقة بالمصنع التجريبي اعتذرت الوكالة عن تمويل هذه المرحلة رغم أن كلفة هذا المشروع قد قدرت بمبلغ مليون دولارا، وكان من المؤهل أن تسهم الوكالة الدولية للطاقة الذرية بمبلغ لا يقل عن 200 ألف دولار، كما أنه قد سبق طلب دعم جزئي آخر لهذا المشروع من البرنامج الإنمائي التابع للأمم المتحدة UNDP في عام 1988 ولكن هذه الجهة اعتذرت أيضا .

نخلص من ذلك إلي أهمية مشروع استخلاص اليورانيوم كناتج ثانوي من حامض الفوسفوريك ، وأن هذا المشروع من وجهة نظر الكاتب يعتبر من أهم المشروعات في المجال النووي وأنه لن يتم تمويله من أية جهة أجنبية مهما قلت تكاليفه ، ولابد للجهات الوطنية والقومية أن تولي هذا المشروع ذروة اهتماما خاصا لأنه الركيزة التي يمكن أن يقوم عليها أي برنامج نووي أردني .

ثانيا : يري الكاتب أن الصخور الزيتية يمكن أن تكون إحدى المكامن الهامـة لوجود خامات لليورانيوم وخاصة الأجزاء القريبة من مناطق خامـات الفوسفات، حيث أن هذه الصخور بما تحتويه من مواد عضوية تعتبـر إحدى البيئات المناسبة لترسيب تمعدنات اليورانيوم الأولية بها وخاصة عند وجودها تحت نطاق الأكسدة ، هذا وأنه قد ثبـت أن جـزءا مـن اليورانيوم الموجود ببعض خامات الفوسفات قد تم غسيله وهجرته إلـي مناطق غير معلومـة، ويمكـن أن تمثل هذه الصخور الزيتية إحـدى مصائد اليورانيوم المحتملـة وخاصـة أن هـذه الصخـور قـد ثبت جـدواها الاقتصـادي في كنـدا (Parslow et al.,1993)[71].

ثالثا : الصخور الأوردوفيشية : تعتبر هذه التكاوين إحدي مكامن اليورانيـوم المحتملة وخاصة إذا كانت موجودة في أحواض تركيبية' واذا كانت تلك الطبقات قد ترسبت في بيئات قارية ، ويوجـد بـالقرب منهـا بعـض الصخور الجرانيتية الحديثة أو البركانيات الحمضية أوالتف التي يمكـن أن تكون مصدرا لليورانيوم لتغذية تلك الأحواض .

رابعا : الصخور الجرانيتية الحديثة وخاصة ثنائية الميكا، يمكن توجيه الأنظار إلي أهمية تلك الصخور كإحدى البيئات المضيفة لتمعدنات اليورانيوم ، حيث أنه ثبت أهميتها في كثير من البلدان مثل مصر والمملكة العربيـة السعودية والسودان والجزائر و ناميبيا . ويمكن أن يتم دراسة محقونات تلك الصخور باختيار بعض المواقع التي أعطـت شـذوذا إشـعاعيا ، وتجميع بعض العينات الصخرية علي شبكة شـبه منتظمـة ودراسـة خواصها الجيوكيميائيـة وتوزيـع عناصـر اليورانيـوم والثوريـوم والموليبدنوم بها واتجاهات تحرك اليورانيوم. كذلك دراسـة التراكيـب الجيولوجية بها وخاصة الفوالق والصدوع والفواصل المصاحبة وخاصة في مناطق التماس مع الصخور المتنوعة الأخرى .

8-3-4 : الجماهيرية العربية الليبية

أنشئت مؤسسة الطاقة الذرية بليبيا عام 1973م ، وأنشئ قسم التنقيب والاستكشاف ضمن هذه المؤسسة عام 1974 م ، وذلك لدراسة وتحديد المناطق المؤهلة لوجود شاذات إشعاعية بها لتحديدها ، ووضع الخطط والبرامج لاكتشاف الخامات المترسبة بها ولخلق الكوادر الفنية المؤهلة (علي أحمد المخروف و آخرين 1993)[72]. ووفقا للاعتبارات الجيولوجية (التراكيب الجيولوجية ، الجيولوجيا التاريخية ، عملية بناء الجبال ، وانسياب المياه منذ القدم وتواجد الصخور التي تعتبر مصدرا لترسبات اليورانيوم والمواد المشعة الأخرى) تم اختيار مساحة تقدر بحوالي 250000 كيلو متر مربع ، وحدد بها خمسة مناطق لاختيارها للتنقيب عن المواد المشعة وهي :

1- منطقة العوينات الغربية

2- منطقة تبيستي

3- منطقة العوينات الشرقية

4- منطقة جنوب غدامس

5- منطقة حوض سرت

وقد أجريت بعض المسوحات الجوية الاستطلاعية الإشعاعية لعدة مناطق منها العوينات – غات ، جنوب غدامس ، حوض سرت ومنطقة شمال الهروج . كذلك أجريت المتابعة الأرضية لجميع الشاذات الإشعاعية المكتشفة بالإضافة إلى الدراسات التفصيلية للشاذات الإشعاعية لمنطقة العوينات الغربية . وقد اعتبرت منطقة العوينات الغربية من أهم المناطق المؤملة لترسبات خام اليورانيوم من الناحية الجيولوجية وذلك لوجود صخور رسوبية لثلاثة عصور متتالية :

العصر الكربوني السفلي

العصر الكربوني المتوسط

العصر الكربوني الأعلى والبرمي

وقد أجريت بهذه المنطقة مساحات إما نومترية وكهربية و جيوكيميائية تفصيلية وأعمال حفر فوجد التمعدن علي السطح موزع علي 44 شاذة إشعاعية، ويتراوح نسبة اليورانيوم بها من 114 إلى 4882 جزء في المليون ، وقد وجد التمعدن تحت السطح موزعا علي ثلاثة مستويات . كما تم التعرف علي بعض معادن اليورانيوم الثانوية ومنها التيامونيت، الكـــارنوتيت وبيتا يورانــوفين (مرجع 32)[73] .

لقد تمت مراجعة المعلومـــات والدراســات المتاحــة عــن استكشــاف اليورانيوم في ليبيا والمناطق المجاورة في التكــاوين والتراكيــب الجيولوجيــة السائدة ، وعلي أساس الظواهر اللازمة للتعرف علي مكامن اليورانيوم المحتملة فإنني **أوصي بالاهتمام بالمكامن المحتملة لوجود خامات لليورانيوم (شكل 4-82) كما يلي:**

أولا : حوض مرزق

يقع هذا الحوض في جنوب غرب ليبيا ، ويبلغ طوله حوالي 700 كـــم ويتجه محوره إلى الشمال الشرقي حيث يأخذ مسارا منحنيا ، ويصل عرضه إلي حوالي 400 كم . توجد صخور القاعدة المعقدة علي عمق 3000م تحت مستوي سطح البحر في منتصف هذا الحوض ويمتلئ هذا الحوض بتتابع ســميك مــن

الصخور الفتاتية مثل الحجر الرملي والطفلة. ومعظم تلك الصخور الرسوبية من النوع القاري التي تتبع عصور الباليوزويك والميزوزويك.

وفي رأي الكاتب أن هذا الحوض يمثل إحدى مكامن اليورانيوم المحتملة والهامة . وقد ظهر به فعلا بعض مواقع لتمعدنات اليورانيوم حيث تمتد الشاذات الإشعاعية لمسافة تزيد علي 60 كم في الحافة الغربية لهـذا الحـوض بمنطقـة غات. ويزيد في أهمية هذا الحوض أنه يقع إلى الشمال من النيجر والي الشرق من الهوجار حيث رواسب اليورانيوم(33 مرجع)[74]. ومن الجدير بالذكر أنه قد تم اكتشاف خامات هامة لليورانيوم في الحجر الرملي الميوزوي بـالقرب مـن أرليت بالنيجر حيث تصل احتياطيات خامات لليورانيوم بهـذا الموقـع 25000 طـــن U_3O_8 (34 مرجع)[75] . كذلك تم التعرف علي خامات لليورانيـوم من النوع المصاحب للحجر الرملي إلى الغرب من سلسلة اير في النيجـر فـي الناحية الشرقية من أجاد حيث يتم إنتاج اليورانيوم من طبقات الحجـر الرملـي التي تتبع عصور الكربوني والبرمي والطباشيري . هذا بالإضافة إلـى وجـود خامات لليورانيوم بالجزائر في منطقة أجير وجبال هوجار الي الجنوب الغربي من حوض مرزق. وعلي ذلك يعتبر هذا الحوض إحدى مكـامن اليورانيـوم المحتملة والهامة في ليبيا حيث أنه محاط بالتكاوين الجيولوجية التابعة للعصـر الكربوني والبرموترياسي وهي منتجه لليورانيوم في النيجر ، حيث أن التنقيب عن اليورانيوم في الجزء الممتد في النيجر من هضبة ديجادو – والتـي تمثـل جزءا من حوض مرزق قد لاقي بعض النجاح .

ثانيا : منخفض سرير تيبستي

يقع هذا المنخفض بين مرتفع التيبست – الهروج غربا وجبل نوقـاي شرقا وجبال التيبست جنوبا . وتوجد صخور القاعدة المعقدة في هذا المـنخفض علي عمق حوالي 4000 متر، والمعلومات المتاحة الخاصة باستراتيجرافية هذا المنخفض قليلة ، ولكن يوجد بعض منكشفات الصخور الرسـوبية التـي تتبـع عصور " الأردوفيسي و الكامبريان و الايوسين " في هذا المنخفض ويحاط هذا المنخفض بصخور القاعدة المعقدة التي تشتمل علي الجرانيت الحديث الذي يتبع الدرع الإفريقي علي شكل حرف U وزيادة علي ذلك فإنه يوجد كمية هائلة من الصخور البركانية في الأجزاء الشرقية والشمالية لهذا المنخفض ويستقبل هـذا المنخفض المياه والرواسب من المصادر القريبة والتي يحتمل وجـود رواسـب لليورانيوم بها. لكل ما سبق يعتبر هذا المنخفض إحدى المكامن المحتملة لوجود ترسبات لليورانيوم به.

ثالثا : حوض الكفرة

يقع هذا الحوض في الجزء الجنوبي الشرقي للجماهيرية الليبية ويتجـه محورة إلى الشمال الغربي ، ويحده من الشرق مرتفع جبل العوينـات وجبـل الزلمة من الشمال الغربي وجبال تيبستي من الجنوب الشرقي (30 مرجع)[76] . ويمتلئ هذا الحوض بتتابع سميك من الصخور الرسـوبية التابعـة لعصـور " الباليوزوي والميزوزوي . ويتراوح سمك صخور " الباليوزوي من 1055م إلى 1850م ويتكون الجزء الأسفل (1300م) من الرواسب القارية ، أما الجزء الأعلى (550م) فيظهر فيه تذبذب من الرواسب القارية إلى الرواسب البحريـة . أمـا رواسب العصر " الميزوزوي " فإن سمكها يتراوح بين 200م إلى 735م وهـي

من الرواسب القارية (36 مرجع)[77] . ويعتبر هذا الحوض من المناطق المأموله لوجود رواسب اليورانيوم بها ، وخاصة هناك بعض الشاذات الإشعاعية قد تـم اكتشافـــها في طبقـــة الرصـــيص (Conglomerate) وطبقـات الحجـر الرملي التابعة للعصر الباليوزوي في مصر بالقرب من جبــل العوينـات (25 مرجع)[78] .

رابعا : مكامن اليورانيوم الجرانيتية

تتكون محقونات بن غنيمة وسلاسل جبال تيبستي من الصخور المعقـدة التابعة لعصر " البريكامبري " وهي تشتمل علـي صـخور الـدرع الإفريقـي الجرانيتية الغنية باليورانيـــوم (مرجع 37)[79]. ومن الجـدير بالـذكر أن هناك علي الأقل موقعين لرواسب غنية من خامات اليورانيوم قد تحققـت فـي الصخور النارية التابعة لحزام الدرع الإفريقي . ومن أمثلـة ذلـك رواسـب " روسينج " في ناميبيا التي توجد في أجسام البجمانيت – الألسكايت والميجماتيت بحزام " دمران " وكذلك في بعض منـاطق تمعـدنات اليورانيـوم المرتبطـة بمحقونات الجرانيت الحديثة في مصر (مرجع 4)[52]. ويمكن أن تستغل هـذه الحقيقة كمرشد للبحث عن اليورانيوم في جرانيتات الدرع الإفريقي والصـخور النارية المصاحبة لها في الجزء الليبي من جبال تيبستي.

4-3-9 : الجــزائــر

نبذة تاريخية

تم اكتشاف اليورانيوم لأول مرة بالجزائر في عام 1958 م في هوجــار بالقرب من تمجوين ، حوالي 200 كم جنوب غرب مدينة تامانرست بواســطة مجموعة تنقيب تابعة لمكتب استكشاف الخام (BRGM) . وقــد تــم دراســة الظواهر المكتشفة بواسطة الــ BRGM ثم بعد ذلك بواسطة هيئة الطاقة الذرية الفرنسية (CEA) خلال الفترة من 1958 حتى 1960 م. وقــد أجريــت الــــ CEA بعض الدراسات الاستكشافية في العمق والتي اشتملت علي سبر الآبــار حتى عمق 50 م وكذلك تم عمل العديد من الحفر الاختبارية .

في عام 1968 ، بعد عامين من تأسيس الشركة الأهلية للتنقيب عن الخام والتعديـــن (SONAREM)، قام الخبراء بدراسة شــواهد اليورانيــوم فـــي تمجوين . وقد تم سبر الآبار التي حفرت بواسطة CEA علي أعماق أكبر حيث وجدت شاذات إشعاعية .

خلال عام 1968 – 1970 بدأت شركة سوناريم استكشافا مبدأيا حيث تم سبر التمعدنات وقامت بإجراء مسح إشعاعي منــتظم للمنطقــة التــي تغطـــي بالتكاوين المتبلورة (الصخور النارية).

وقد أسفرت تلك الجهود عن اكتشاف حوض لخامات اليورانيوم يحتوي علي رواسب تمجوين، أبانكور وتينيف (حوالي 50 كم من تمجوين) [85]. وفي نفس الوقت تم البدء في التنقيب الإشعاعي الأرضي فـــي الصـــخور الرســوبية المحيطة بالهوجار (Hoggar) .

في نهاية عام 1970 تم اكتشاف شاذات لليورانيــوم باســتخدام المســح الجوي الإشعاعي علي الحد الفاصل بين صخور القاعــدة المتبلــورة والغطـــاء

الرسوبي الذي يتبع عصور الكامبرو – أورديفيسي وكذلك في المستويات السفلي لرواسب العصر الديفوني .

وقد أصبحت عمليات التنقيب وتقييم رواسب اليورانيوم من النشاطات التي تتبع برامج شركة سوناريم الاستكشافية ، وقد تم تخصيص جزء من عملياتها لبرنامج التنمية في ولاية تامانراست . وقد احتوى البرنامج الوطني لاستكشاف اليورانيوم علي الأنشطة الآتية :

– الاستكشاف المنتظم في وسط وشرق وغرب هوجار.

– التحقيق الأرضي للشاذات الإشعاعية التي تم اكتشافها نتيجة للمسح الجوي .

– التنقيب بغرض زيادة خامات اليورانيوم في تمجوين و أبانكور وحوض تن – سديرين

مصادر اليورانيوم

تكمن رواسب اليورانيوم الأساسية والتي تم تقدير احتياطياتها في الهوجار بجنوب الجزائر في تمجوين ، أبانكور وتنيف ، حوالي 200 كم جنوب غرب تامانرست . وتنقسم صخور ما قبل الباليوزوي بالهوجار الي مجموعتين :

- مجموعة سوجاديان ، و تتكون غالبيتها من الصخور البركانية المتحولة (النيس الكوارتزيت ، الشيست والماربل).
- مجموعة الفاروزيان ، و تتكون غالبيتها من الصخور البركانية المتحولة .

ومن الجدير بالذكر أن جميع هذه الصخور يقطعها فوالق إقليمية ونطاقات تمزق كبيرة باتجاه شمال – جنوب . وتحد هذه الفوالق مرتفعات سوجاريان (Suggarian Horsts) وأخاديد الفاروزيان . وتوجد رواسب اليورانيوم في المحقونات الحديثة (Recent Plutons) بالقرب من حدودها مع

تلك الوحدات التركيبية . وتتكون محقونة تمجوين أساسا من الجرانيت القلي alkaline granite . الذي يحتوي علي نوعين من الميكا . ومن الناحية التركيبية فإن هذه المحقونة (batholith) قد تأثرت بمجموعة من الصدوع التي تضرب في اتجاه شمال 5 – 15 ° شرق ، حيث تقطعها وتقسم الحافة الشرقية لها . وقد انبثق من هذا النظام مجموعة ثانوية من الكسور تضرب في اتجاه شمال 40 – 50° شرق ، حيث تقطعها وتقسم الحافة الشرقية لها . وتقع رواسب اليورانيوم الثلاثة المسماة بوسط تمجوين ، أبانكور وتنيف حول وكذلك بداخل الفوالق الأولية (Primary Faults) .

وتنتمي تمعدنات اليورانيوم إلى النوع العرقي ونوع الـ Stockwork في تلك الرواسب الثلاثة حيث يختلف محتواها من اليورانيوم . ففي وسط تمجوين يبلغ محتوي اليورانيوم 1% في العراق ويصل ١ر.% في الـ Stockwork . أما في أبانكور فإن متوسط محتوي الخام من اليورانيوم أعلي من محتواه في تمجوين . وفي تنيف فإن متوسط محتوي الخام أقل من تمجوين أو أبانكور. وتفيد البيانات المتاحة في كتاب الوكالة الدولية للطاقة الذرية Red book[79] لعام 1982 أن أعمال الاستكشاف قد أسفرت عن اكتشاف الرواسب الآتية:

1- أربعة رواسب من النوع العرقي تقع في تمجوين ، أبانكار ، ديرا وتنيف.

توجد تلك الرواسب في مجموعة من النيس الميجماتيتي الذي يتبع السوجوريان والفاروزيان . ويصور الوضع الجيولوجي بأنها تنتمي الي مرتفع تركيبي (Precambrian horsts) الذي يقطعه وحدات الكوارتزيت، البيروكسينيت و الأمفيبوليت . وأحيانا تغطي جوانب هذا المرتفع التركيبي بواسطة مواد بركانية مكونة من " الريوليت والبريشيا".

وتوجد معادن اليورانيوم الأولية في صورة " بتشبلند ويورانينيت " مع المعادن الثانوية مثل " الأوتونيت ، توربرنيت ، يورانوفين .. الخ . أما

المعادن الاضافية فهي توجد في صورة كبريتيدات الرصاص والزنك ، النحاس ، الحديد والموليبدنيوم ، زيادة علي الهيماتيت والمجنيتيت .

2- طبقات حاملة لليورانيوم ، وهي توجد في تأسيس جنوب الهوجار في حوض تن – سريدين. وفي هذا الموقع تغطي صخور القاعدة المتبلورة التابعة للسوجاريان بالرصيص (Conglomerate) والحجر الجيري الذي يتبع عصور الكامبري – أوردوفيسي . وتغطي هذه الصخور الرسوبية في نظام توافقي وحدات من الشيست التابعة للعصر السيلوري وطبقات من لرصيص التابعة للعصر الديفوني . وتوجد تجمعات اليورانيوم علي الحد الفاصل بين صخور القاعدة والغطاء الرسوبي علي شكل أجسام للخام شبه أفقية في المنخفضات القديمة الموجودة في صخور القاعدة . ويتراوح سمك الخام بين واحد وثمانية أمتار. وقد تم تقييم الراسب الصغير في تاها جارات . وتتكون التمعدنات أساسا من الأوتونيت و التربورنيت.

وبناءا علي الدراسات الاستكشافية حتى عام 1983 م فقد تم تقدير احتياطيات خامات اليورانيوم المؤكد بالجزائر بحوالي 26000 طن يورانيوم بتكاليف تصل إلى أقل من 80 دولار أمريكي لكل كيلو جرام يورانيوم . وكمية الخامات التابعة للرواسب العرقية 24000 طن ، أما الخامات التابعة للنوع الطباقي تبلغ 2000 طن يورانيوم .

أما بالنسبة لحسابات المصادر الإضافية Estmated Additionat Resources فلم يتم تقدير تكاليف التعدين ، ولم تأخذ الأرقام التالية في الاعتبار الفاقد خلال عملية التعدين، وقد بنيت علي متوسط محتوي الخام من اليورانيوم ، وفيما يلي تلك التقديرات:

جنوب ديرا (بالقرب من تمجوين) :2000 طن فلز بنسبة تركيز 120ر% U

تنيف :2000 طن فلز بنسبة تركيز 05ر% U

تاهجرت :1490 طن فلز بنسبة تركيز 240ر%U

الرواسب المحتملة

منذ عام 1970 قامت شركة سوناريم بمسح طيفي لجميع الأراضي الجزائرية، وقد أسفرت دراسة وتحليل نتائج هذا السمح عن وجود بعض الشاذات الهامة في الهوجار . وقد قادت التدقيقات الحقلية لتلك الشاذات الي اكتشاف رواسب محتملة في كل من الصخور النارية المتبلورة والتكاوين الرسوبية وخاصة في مناطق تاهجرت ، تامرت نيبلس ، تيموزيلين وتن سريرين. أما من ناحية انتاج اليورانيوم فقد بدأت الدراسات الهندسية الخاصة بتنمية رواسب تموجين وأبانكور حيث يتوقع أن يبدأ تعدينها خلال عام 1985 .

تعتبر الجزائر من الدول العربية الرائدة في مجال استكشاف وتقييم خامات اليورانيوم، حيث أنها الدولة الوحيدة في العالم العربي التي تمكنت من تقدير احتياطي خامات اليورانيوم بها بطريقة مؤكدة وبدأت في إجراء دراسات التعدين منذ حوالي 20 عام (شكل 83 و 84). وبفحص مكامن اليورانيوم المكتشفة بالجزائر **يوصي الكاتب بالاهتمام بما يلي في عمليات الاستكشاف المستقبلية:**

أولا : التراكيب الجيولوجية الموجودة في صخور ما قبل الحياة Precambrian rocks وخاصة الجرانيت الحديث ثنائي الميكا والصخور البركانية الحمضية والتف والبريشيا. وتمثل الأحواض التركيبية البين جبلية أحد الأهداف الهامة في تلك البيئات الجيولوجية التي يجب استكشافها بدقة. كذلك يمكن الاهتمام بالبحث عن خامات اليورانيوم التي يمكن استغلالها اقتصاديا بالمواقع القريبة من الشاذات الإشعاعية والتي يمكن أن تمثل

إمتداداتها ببيئات الجرانيت الحديث والصخور الأخرى أهـداف هامـة يمكن التنقيب عن اليورانيوم بها.

ثانيا :

الاهتمام بالحد الفاصل بين الصخور النارية التابعة لعصر ما قبل الحياة والغطاء الرسوبي وخاصة النطاق الـذي يحتـوي علـي الرصـيص Comglomerate. وفي هذا الصدد أيضا تمثـل الأحـواض التركيبيـة الموجودة في التتابع الرسوبي القريب من تلك الصخور الناريـة هـدفا هاما لاستكشاف اليورانيوم بها. وتمثل تلك الأحواض المكامن الهامـة لليورانيوم وخاصة اذا كانـت غنيـة بـالمواد العضـوية وظروفهـا الجيوكيميائية تسمح بتركيز اليورانيوم بها. وتمثل الصـخور الناريـة الحاملة لليورانيوم المصدر الرئيسي الذي يمكنه تغذية تلك الأحـواض التركيبية التي تحتوي علي التتابع الرسوبي والتي يمكن أن تكون مصيدة لليورانيوم.

4-3-10: اليمن

تعتبر اليمن من البلدان العربية التي لا تتوافر عنها بيانات كثيرة عـن خامات اليورانيوم، ويرجع ذلك غالبا إلى أن الأعمال الخاصة باستكشاف المواد النووية عموما واليورانيوم خاصة تعتبر محدودة جدا. ويرجع ذلك فـي أغلـب الظن إلى عدة عوامل أهمها قلة الإمكانيات اللازمـة لعمليـات الاستكشـاف، بالإضافة إلى عدم الاهتمام بهذا المجال من حيث الأسـاس، إذ أن الأولويـات الأخرى في التنمية تطغي على التفكير في المجالات النووية. ورغم ذلك فهناك بعض الدلالات على وجود شاذات إشعاعية التي ربما تعكس احتمالات وجـود خامات لليورانيوم باليمن.

تمتلك الجمهورية اليمنية تنوع جيولوجي وتكتونى متميز في شبه الجزيرة العربية. هذا التنوع يعطى إمكانيات لتوفر خصائص لبيئات جيولوجية متعددة ملائمة لاحتضان الرواسب الفلزية خاصة العناصر النووية... ويشمل هذا الجزء المعلومات والأعمال التي من شأنها التعريف بالوضع الحالي للخامات النووية في اليمن من حيث معرفة الوضع الجيولوجي العام ومناطق الشواذ الإشعاعية والظواهر المشجعة لتواجد خامات وعناصر المواد النووية والأعمال التي تمت بشأنها ... نظرا لندرة الدراسات والأعمال التفصيلية عنها.

نبذة مختصرة عن استكشاف العناصر المشعة

في عام 1987 قامت شركة توتال بالتعاون مع هيئة المساحة الجيولوجية اليمنية بزيارات ومسوحات ميدانية للبحث عن العناصر المشعة في صخور القاعدة خاصة في المناطق الواقعة شمال صدة جنوب شرق تعز شرق صنعاء، وهى أكثر المناطق تشجيعا للبحث عن المواد والعناصر النووية[80].

وأكدت نتائج دراسة الشركة وجود تركيزات للعناصر المشعة. في القشرة الحديدية المتواجدة في صخور الوجيد الرملية.

عروق البيجماتيت وخاصة في منطقة جنوب شرق تعز. من الجدير بالذكر أن نتائج الدراسات أفادت بعدم وجود جدوي أقتصادية لهذه العناصر في هذين التكونين في الوقت الحاضر واوصيت بمزيد من عمليات البحث والتنقيب بهدف الكشف عن مواقع أخرى ذات قيمة اقتصادية.

مناطق ومواقع الشاذات والمؤشرات الإشعاعية

تقع معظم هذه المواقع المذكورة في نطاق إقليم صخور القاعدة (صخور ما قبل الكمبرى)، وفيما يلي هذه المناطق والمواقع والأعمال التي تمت بشأنها.

1- موقع الحامورة (المنطقة الجنوبية تعز)

تقع الحامورة فى جنوب شرق مدينة تعز وعلى بعد 40 كم منها ومن الناحية الجيولوجية تقع ضمن إقليم صخور ما قبل الكمبرى التي تتكون من صخور شديدة التحول.

قامت الشركة الرومانية بالتعاون مع الهيئة بالبحث والتنقيب عن تمعدنات النحاس والنيكل، وأثناء أعمال التنقيب أجريت بعض الدراسات والمسوحات الميدانية بشكل عرضي لاستكشاف وتقييم طبيعة الشاذات الإشعاعية في عروق البجماتيت في المنطقة.

وقد دلت نتائج الدراسات على وجود تركيزات عنصر (اليورانيوم والثوريوم) بدرجات متفاوتة إضافة إلى وجود العديد من العناصر النادرة (الانثيوم- البتريوم – التبويوم) كما بينت الدراسات تواجد شاذات إشعاعية فى محيط المنطقة وبعض الوديان مثل وادى عرار والاعبوس و الشويفة.

منطقة صعده المنطقة الشمالية والشمالية الشرقية (صعده – الجوف)

تقع مدينة صعده على بعد 200 كم شمال العاصمة تتكون صخور المنطقة من صخور القاعدة (إقليم صخور ما قبل الكمبرى). حازت المنطقة على اهتمام كبير من قبل الدولة والباحثين لاحتواء صخورها على تمعدنات ورواسب معدنية ذات قيمة اقتصادية كالحديد والنحاس والقصدير والذهب وغيرها.

قامت الهيئة بالتعاون مع الشركات الأجنبية بتنفيذ عدد من الأنشطة الاستكشافية والمشاريع الجيولوجية في المنطقة وخلالها تم اكتشاف بعض الظواهر المشجعة لاستضافة رواسب اليورانيوم وقد دلت الدراسات الأولية على وجود شواذ ومؤشرات إشعاعية فى المناطق الواقعة ضمن:

1- صخور الجرانيت وعروق البجماتيت لعصر ما قبل الكمبرى.

2- صخور الوجيد الرملية (الإردوفيشى – البرمي) إقليم الغطاء الرسوبي التي تظهر مكاشفها بشكل محدود شمال منطقة صعده. وهى صخور رملية خشنة الحبيبات تحوى عقد حديدية وبعض شوائب المواد الطيفية، تكثر بها التراكيب العرضية خالية من المستحثات البحرية وهى بشكل عام تشبه رواسب الحجر الرملي النوبى في مصر والسودان والتي تتميز بعدم التوافق مع صخور القاعدة وهى اكثر مناطق الغطاء الرسوبي احتمالا لترسبات عناصر اليورانيوم – الثور يوم وتحتاج إلى دراستها بالتفصيل مستقبلا.

2 – موقع جبن (المنطقة الجنوبية الشرقية والشرقية البيضاء مأرب)

تقع قرية جبن جنوب مدينة رادع وتبعد عنها بمسافة 50 كيلو تم اكتشاف هذا الموقع عن طريق الصدفة من قبل المواطنين وأهالي المنطقة حيث وصلت نماذج من عينات صخرية منهم تبين بعد دراستها وتحليلها وجود عنصر اليورانيوم بتركيزات تصل أحيانا إلى 1000 جزء في المليون جزء (مختبر الهيئة) أكدت التحاليل الكيميائية الصادرة من مختبر الوكالة الدولية للطاقة الذرية وجود اليورانيوم والثور يوم والأكتينيوم.

قامت الهيئة بإرسال فريق جيولوجي لزيارة واستكشاف المنطقة بالمسح الإشعاعي اليدوي إلا أن أعمالها اتسمت بالعشوائية حيث بينت نتائج المسوحات الإشعاعية تباين القراءات المسجلة حيث سجلت أجهزة القياسات قراءات ابتداء من 500 عدة/ث حتى أكثر من 16000 عدة /ث خاصة في المواقع وعروق الجرانيت الغنية بمعدن المجنيتيت.

كما أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية لعنصر اليورانيوم وبعض العناصر المصاحبة (جدول 4- 2) في العينات الصخرية وجود نسب عالية نسبيا من اليورانيوم في تلك الصخور.

جدول : نتائج التحاليل للعينات الصخرية

LAB. No.	SE. No.	CU ppm	BI ppm	Fe %	NI ppm	Pb ppm	U Ppm	Zn ppm	Co ppm	Cr Ppm
6788	R-1	2	30	3.36	18	217	148	792	35	6
6790	R-3	3	21	1.74	10	130	81	39	5	39
6792	R-5	3	45	7.50	47	145	127	2100	63	16
6793	R-6	2	30	6.60	40	66	122	2160	26	36
6794	R-7	1	15	4.74	15	206	1031	41	20	5

3- منطقة مأوية

تقع هذه المنطقة شرق مدينة تعز وتبعد عنها 25 كـم،ا ومـن الناحية الجيولوجية تقع ضمن إقليم صخور بركانيات اليمن عرفت بهـا بعض المواقع الشاذة إشعاعية من خلال الخرائط الإشـعاعية الخاصـة للمشروع المشترك للموارد الطبيعية (84-85م) حيث يتضـح تمركـز قياسات إشعاعية مرتفعة محصورة في مواقع صـخرية والمحتمـل أن تكون مصدر القراءات الإشعاعية قواطع وعـروق صـخور بركانيـة حامضية قاطعة للصخور الأقدام منها أم مثل كتل الجرانيت.

4- منطقة الصبيحة

تقع جنوب شرق تعز ومن الناحية الجيولوجية تقع ضمن إقلـيم صخور ما قبل الكمبرى، إشارة بعض المعلومات ومصادر الهيئة إلـي قراءات شاذة قد سجلت في هذه المنطقة.

5- منطقة الجوف إقليم صخور ما قبل الكمبرى (المنطقة الشمالية الشرقية)

تقع هذه المنطقة شمال شرق مدينة صنعاء مكوناتها الصخرية هي امتداد لصخور القاعدة لمنطقة صعده وهى من المناطق الواعدة ببعض الرواسب الفلزية الهامة. أثناء عمليات البحث والتنقيب عن المعادن المختلفة التي قامت بها الفرق الصغيرة للهيئة تم تسجيل قراءات إشعاعية تتراوح قيمها ما بين مرتفعة – منخفضة في مواقع صخرية للجرانيت والبجماتيت القاطعة لخور المنطقة وتحتاج لمزيد من الأعمال للتحقيق من أهميتها[81].

<u>من مراجعة البيانات المتاحة عن الخامات النووية في اليمن يمكن التوصية بما يلي:</u>

أولا : البدأ في تجميع وتصنيف كل ما تم عن استكشاف لليورانيوم في اليمن ووضعه علي خريطة جيولوجية كبيرة لتحديد التكوينات الجيولوجية التي يمكن أن تحتوي علي رواسب لليورانيوم،

ثانيا : الاهتمام بمحتويات الجرانيت الحديث وخاصة ثنائي الميكا بالإضافة إلي مسح حدود التماس لتلك المحقونات مع الصخور الأخري المجاورة أو الأحدث منها. كما يجب الاهتمام بالحد الفاصل بين صخور القاعدة المعقدة وتتابع الفانيروزيك وخاصة التراكيب الجيولوجية مثل الأحواض التكتونية القريبة من حدودها مع صخور القاعدة.

كذلك الاهتمام بالتراكيب البين جبلية التي توجد داخل صخور القاعدة المعقدة وخاصة القريبة من الجرانيت الحديث.

ثالثا : الأهتمام ببركانيات العصر الثلاثي والرباعي وخاصة الأنواع الحمضية والتنقيب عن اليورانيوم في التراكيب الجيولوجية

وخاصة الفوالق والأحواض التركيبيـــة الموجـــودة فـــي تلـــك البركانيات أو القريبة منها.

رابعا: دراسة العمود الجيولوجي والإشـــعاعي لـــبعض آبـــار الميـــاه والبترول التي تم حفرها في اليمن، حيث يمكن أن يقود ذلك إلي بعض الاكتشافات الهامة الغير متوقعة، أو بلفت النظـــر إلـــي بعض المكامن من الآبار الموجودة في اليمن لأهمية ذلك فـــي الكشف عن المواد المشعة.

4-4: أهمية البرامج النووية للدول العربية

4-4-1: مقدمة

من المعروف أن عددا" كبيرا" من الدول العربية لديها برامج وأنشطة في المجالات النووية، ولكنها تختلف من بلد إلي آخر في الشكل والمضمون، ولكن معظمها في أغلب الأحيان لا تتعدي مقدمة لدورة الوقود النووي، أو بعض الاستخدامات والتطبيقات السلمية للنظائر المشعة في الطب والصناعة والزراعة والإنتاج الحيواني وتشعيع بعض المواد الغذائية لزيادة فترة مقاومتها للتلف.

ومن الجدير بالذكر أن خامات اليورانيوم وهي التي تعتبر المصدر الرئيسي لليورانيوم اللازم لدورة الوقود النووي لم يتم إثبات تواجدها في الكثير من الدول العربية بطريقة يمكن استغلالها اقتصاديا، كذلك لم يقدر احتياطي الخام لها طبقا لمعايير الوكالة الدولية إلا في الجزائر فقط، ومعظم التقديرات لتلك الاحتياطيات في البلاد العربية تقع تحت نوع الخامات المحتملة أو التنبئية (أي أنها تقديرات تقريبية جدا"). لذلك يري الكاتب أنه لابد أن يكون لكل دولة عربية برنامج نووي واضح المعالم ـ للاستخدامات السلمية ـ مع التركيز علي عمليات الاستكشاف وتقييم خامات اليورانيوم والعمل علي توفيرها حيث أنه لا يمكن بدأ أي برنامج نووي متكامل بدون وجود خامات اليورانيوم، كذلك هناك صعوبات بالغة في الحصول علي اليورانيوم في الدول المنتجة.

4-4-2: دور البرامج النووية في توفير المياه

تعتبر مشكلة المياه من أهم الموضوعات التي يجب أن نوليها أهمية قصوي، بل لابد من أن تضعها الدول العربية في أولوياتها حيث أن نقصها علي المدي القريب وندرتها علي المدي البعيد يهدد فعلا المشروعات التنموية في العالم العربي. ويري الكاتب أنه يجب البدا من الآن في التخطيط لإنشاء محطات نووية لتحلية المياه.

فإذا استعرضنا ما ورد في شبكة المعلومات الدولية عن العالم العربي نجد أنه يتكون من 22 دولة، تمتد من الخليج العربي شرقا حتى المحيط الأطلنطي غربا، وعدد سكانها حوالي 300 مليون نسمة(81). وتجدر الإشارة إلي أن معدل النمو السكاني في تلك المنطقة 2,7 %. وطبقا لتقرير عام 2000 والخاص بالتنمية البشرية، نجد أن معدل النمو الاقتصادي في تلك الدول لا تتمشي مع معدال النمو السكاني وأن الركيزة الأساسية لدفع عجلة التطور والتنمية هي الطاقة والمياه. ولمعرفة أهمية مدي المياه للدول العربية فإننا نجد أن استخدامات المياه في الزراعة (82) تحتل أعلي نسبة، ثم يلي ذلك الاستخدامات اليومية والصناعية (جدول 4-3)، وهذا يوضح مدي خطورة نقص المياه وتهديده لبرامج التنمية في العالم العربي.

جدول 4-3 : نسبة استخدامات المياه في بعض الدول العربية

الدولة	الاستخدام اليومي	الاستخدام الصناعي	الاستخدام الزراعي
مصر	7	5	88
المملكة العربيةالسعودية	45	8	47
مراكش	6	3	92
الجزائر	22	4	74
تونس	13	7	80
ليبيا	15	10	75
السودان	1	–	99
جيبوتي	28	21	51
الصومال	3	–	97
اليمن	5	2	93
عمان	3	3	94
الامارات العربية	11	9	80

الكويت	64	32	4
العراق	3	5	92
الأردن	29	6	65
سوريا	7	10	83
لبنان	11	4	85
العالم	8	23	69

ويتضح من الجدول 4-3 أن أعلي نسبة من كمية المياه في الدول العربية تستخدم في الأغراض الزراعية وتتدني نسبة المياه المستعملة في الاستخدامات اليومية والصناعية.

وإذا نظرنا من قريب إلي موضوع المصادر المائية، فإنه يتضح أن ندرة المياه والنمو السكاني يمثل لب المشكلة في عمليات تنمية المناطق الشبه قارية والتي تشمل الدول العربية. إن الأهمية الأساسية للمياه للمعيشة والتقدم الحضاري توضح أن مشكلة ندرة المياه والتغلب عليها تمثل المعركة الرئيسية للوصل إلي مستوي حياة أفضل في المناطق الفقيرة المشتملة علي تعداد كبير من السكان.

وتجدر الإشارة إلي أن أهمية موضوع المياه في الدول العربية معروف جيدا" حيث أن الوضع الذي يواجه بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا هو حرج للغاية، فمثلا يوجد احدي عشرة دولة من بين العشرين دولة الموجودة في هذه المنطقة تستخدم حاليا أكثر من نصف مصادر المياه بها. وأن ليبيا ودول الجزيرة العربية عدا عمان تستخدم 100% من مصادر المياه بها، وهم يعتمدون علي تحلية مياه البحر المكلفة أو السحب من الـ Fossil Water مع توقع زيادة عدد السكان بطريقة مفزعة.

ولمعرفة مدي خطورة الموضوع مستقبلا سوف نستعرض ما سوف يكون الوضع عليه عام 2025 بناءا" علي دراسات حديثة لتعداد السكان (82)

وتقديرات مصادر المياه المتجددة، فمثلا نجد أن لبنان ستواجه ضغطا بالنسبة للمياه Water Stress حيث أنه سيصل نصيب كل 600 – 1000 فرد 1 مليون متر مكعب (أي وحدة FU = 1 مليون متر مكعب مياه).

أما مصر والمغرب وسوريا سوف يحدث بها ندرة للمياه Water Scarcity حيث سيصل نصيب كل 1000 إلي 2000 فرد علي واحد مليون متر مكعب مياه. أما الجزائر، البحرين، جيوبوتي الأردن، الكويت، ليبيا، عمان، قطر، السعودية، الصومال، وتونس ودولة الإمارات العربية المتحدة واليمن سوف تقابل مانع مائي Water barrier قبل عام 2025 حيث يوزع واحد مليون متر مكعب ماء علي أكثر من 2000 فرد [81].

ويتضح مما تقدم أن هناك مشكلة طاحنة بالنسبة لنقص المياه يتوقع حدوثها في البلدان العربية في خلال العشرين عاما القادمة وما بعدها، ولذا – يجب من الآن – العمل علي تلافي هذه الكارثة وذلك بالعمل علي إنشاء محطات نووية لاستخدامها في تحلية مياه البحار، وذلك لزيادة مصادر المياه في تلك الدول.

3-4-4 : دور البرامج النووية في توفير الطاقة

تمثل الطاقة أخطر تحديات القرن الحادي والعشرين حيث أنها تعتبر عصب الحياة ولاغني عنها في الحياة اليومية أو المشروعات الصناعية والتنموية والتي تترجم في النهاية إلي رفع المستوي المعيشي للفرد و رفاهيته، وهناك ثلاثة مصادر رئيسية للطاقة:

الطاقة الناتجة عن الوقود الأحفوري (الغير متجددة) مثل البترول والغاز الطبيعي والفحم. الطاقة الجديدة والمتجددة والتي تشمل المائية، الشمسية، والرياح والجيوحرارية، وتمثل المصادر النووية النوع الثالث والهام للحصول علي

الطاقة، ويوضح الجدول 4-4 تطور الاستهلاك العالمي من الطاقة [83] والمتوقع خلال الفترة من عام 1960 حتي عام 2060.

جدول 4-4 : تطور الاستهلاك العالمي من الطاقة ميجاطن مكافيء للنفط [83]

مصدر الطاقة	1960	1980	2000	2020	2040	2060
بترول	2,1	3,1	3,4	4,3	2,9	2,3
غاز طبيعي	0,4	1,3	1,9	2,6	3,0	3 ,4
فحم	1 ,3	1,8	2 ,9	4,6	5 ,8	7,0
نووية	ـ	0,2	0 ,8	1 ,7	2 ,3	2 ,8
متجددة	0, 7	1,1	2 ,1	3 ,0	4 ,0	5,2

فإذا إستعرضنا الطاقة الناتجة من الوقود الأحفوري (المصـــادر غيـــر المتجددة) نجد أن الفحم يشكل مايقرب من 95% من مصادر الطاقة المســتعملة مع بداية القرن العشرين. ثم بدأ يتغير هذا الوضع مع ظهور دور النفط والغـــاز الطبيعي في النصف الثاني من القرن العشريـــن [83] .

أما عن الطاقة الجديدة والمتجددة فإن مصادرها تشمل الطاقـــة المائيـــة وطاقة الشمس والرياح والجيوحرارية والطاقة الحيوية. و لكن هـــذه المصـــادر تسهم بنصيب متواضع كمصادر للطاقة حيث أن دولا كثيرة فعلا قـــد اســـتغلت المصادر المائية التي لديها لتوليد الطاقة ولم يتبقي منها إلا القدر اليسير، وهـــي تعتبر رخيصة ونظيفة بيئيا في نفس الوقت. أما عن المصادر الأخرى الجديـــدة والمتجددة فلازالت في نشأتها الأول وتحتاج لدراسات كثيرة للخفض من تكاليف الحصول عليها ويمكنها أن تضيف جزءا" محدودا" إلي إجمالي الطاقة المطلوبة.

أما المصدر الثالث للطاقة – والذي يعتبر في نظر الكاتب من المصادر الهامة – فيمثل الطاقة النووية. وهذا المصدر يمكنه تعويض ما يعادل مئات الملايين من الأطنان المكافئة للنفط.

وهناك عدة اعتبارات للاهتمام بالطاقة النووية وخاصة في الدول العربية:

فمن الناحية الاجتماعية فإن الدول العربية جميعا تحتاج إلي العديد من المشاريع العمرانية والصناعية الكبيرة حتي يمكن رفع مستوي معيشة الفرد في هذه الدول. وتحتاج تلك المشاريع التنموية إلي طاقة هائلة ليس لبنائها فحسب ولكن لتشغيلها وضمان صيانتها. لذا فإن التطبيق الأساسي لاستخدام الطاقة النووية لأغراض سلمية هو إنتاج الطاقة الكهربائية في الوطن العربي الذي يعتمد علي النفط والمعادن والزراعة كمصدر رئيسي للدخل الوطني، وتحتاج مشاريع إنشائها إلي طاقة هائلة لإقامتها وتشغيلها. ولهذا فإن الاعتماد علي الطاقة النووية استخداما وتشغيلا له ما يبرره ميدانيا واجتماعيا[83] .

أما من الناحية الاقتصادية فإن ارتفاع تكاليف إنشاء المحطات النووية يمثل العقبة الرئيسية في استخدام الطاقة النووية، إلا أن ميزتها تتمثل في كمية الطاقة الكامنة في الوقود النووي والتي تجعل كلفة إنتاج الكيلوات ساعة منخفض جدا بالنسبة للوقود الأحفوري. فمثلا استهلاك كلي لكمية تعادل بعض الجرامات من اليورانيوم تكفي لإضاءة 20 ألف مصباح لمدة 12 يوما متتاليا. لذا فإن الاعتماد علي الطاقة النووية لتلبية الطاقة الكهربائية له مردود اقتصادي معقول بالرغم من توافر كميات كبيرة من البترول. ولكن تجدر الإشارة إلي أن أسعار البترول متغيرة وأحيانا ترتفع بشكل كبير، حيث أنها تتوقف في كثير من الأحيان علي الأحوال السياسية السائدة في العالم، كما أنه يعتبر من المصادر غير المتجددة ولا يجب أن تبقي الدول العربية معتمدة علي البترول كمصدر أساسي للطاقة إلي أن ينضب، فإذا لم يكن هناك بديلا جاهزا فسوف تكون الطامة الكبري.

أما عن الاعتبارات الاستثمارية ، فمن المعروف أن إنشـــاء المحطـــات النووية وتوفير الوقود النووي ومعالجتة وصناعته والتخلص من النفايات المشعه يحتاج إلي تكاليف باهظة حيث لابد من توفير أموال طائلة لاستثمارها في هــذه الصناعة النووية. وفي رأي الكاتب أن التكاليف اللازمة لإنشاء تلك المحطـــات يمكن تدبيرها بالتعاون بين الدول العربية علي أســـاس المصـــلحة المشـــتركة والمصير الحتمي الواحد. وهناك العديد من الدول العربية التي تمتلك التمويـــل اللازم، ويمكنها استثمار ما تدفعه علي أساس اقتصادي، هذا بالإضافة إلي رفع المستوي التقني الذي سوف ينعكس علي الدول الممولة والدول المضيفة.

أما من الناحية البيئية، فإنه من المعروف أن مفاعلات القوي النووية لا تنبعث منها غازات ضارة بكميات مؤثرة مثل تلك الغازات التي تنبعـــث مـــن محطات الوقود الأحفوري وأخطرها غاز ثاني أكسيد الكربون، والتـــي تـــؤثر بشكل ملحوظ في التغيرات المناخيه وتسبب ظاهرة الاحتباس الحراري ورفـــع درجة حرارة الكرة الأرضية. ولتوضيح هذا الموضوع فإن متوسط الزيادة فـــي درجة حرارة الأرض قد زاد بمقدار يتراوح بين 5, إلي 1,0 ْ ف منـــذ أواخـــر القرن التاسع عشر. وفي القرن العشرين تبين وجود عشرة سنوات دافئـــة مـــن الخمسة عشر سنة الأخيرة من القرن، وأن عام 1998 هو الأدفـء أو الأعلـــى حرارة من واقع السجلات المناخية. وكذاك فإن الغطاء الجليدي في نصف الكرة الشمالي والثلوج الطافية في المحيط الأركتيكـــي (ArcticDcean) قـــد قلـــت كمياتها. وعلي مستوي الكرة الأرضية، فإن مستوي سطح مياه البحار قد ارتفع مابين 4 – 8 بوصة عن معدلاتها في القرن المنصرم. كذلك زيادة ترسبات مياه الأمطار علي مستوي العالم بنسبة 1% وأن معدلات هطولها بطريقة شديدة قـــد زادت. لذلك يمكن التأكيد علي أن محطات الطاقة النووية تمتلك القدرة لتعويض الخلل الناتج من انبعاث الغازات الضارة بالبيئة لإعادة التـــوازن البيئـــي وفقـــا للمستويات المطلوبة خلال الفترة من 2008 – 2012 طبقا لبروتوكول كيوتـــو

والخاص بالحد من انبعاث الغازات الضارة بالبيئة. وتجـــدر الإشـــارة إلـــي أن الحفاظ علي البيئة ليس نوعا من الرفاهية ــ كما يظنه البعض ــ ولكنـــه هـــام للإنسان أولا والبيئة المحيطة به ثانيا ، وأن الدول العربية لديها القدرات المادية والبشرية للدخول في مجال إنشاء محطات القوي النووية بخطي ثابتة وفعالة.

أما عن الاعتبارات السياسية والاستراتيجية، فإن إدخال الطاقة النووية لا يعني بالضرورة استخدامها في مجالات غير سلمية. ولكنه من الأهمية بمكان أن تقطع الدول العربية شوطا كبيرا" وهاما" في مجال الطاقة النووية والتعامل معها وتعزيز استخدامها السلمي في الدول العربية ، بهدف توفير الطاقة الكهربائيـــة اللازمة وتحلية مياه البحر وغيرها من المشاريع الحيوية والهامة لتنمية المجتمع والبيئة، فهذا أمر تفرضه المصلحة العامة للتنمية مع التركيز علي عامل الوقت كعنصرا" هاما" ومؤثرا".

وتجدر الإشارة إلي أنه كانت هناك بعض المحاولات خلال الفترة مـــن 1997/95 لإجراء دراسة جدوى فنية واقتصادية لتوليد الكهرباء وإزالة ملوحة مياه البحر بإستخدام المفاعلات النووية اعتمادا" علي التصنيع المحلي لمكونـــات كل من محطة إزالة ملوحة مياه البحر والمحطات النووية والتي تتناســب مـــع الإمكانيات والخبرات والتكنولوجيا المصرية، وذلك ضمن المشـــاريع البحثيـــة للخطة الخمسية 1997/92 لأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا في مصر. وفي إطار هذه الدراسة تم اختيار وتقييم فني واقتصادي أولي لثلاث مواقع مصـــرية تقع علي ساحل البحر الأبيض المتوسط، بالإضافة إلي اختيار موقعين قـــريبين من دول الجوار.

وقد تمت المقارنة الاقتصادية باستخدام إصدار أبريل 1997 لبرنـــامج الوكالة الدولية للطاقة الذرية عن " التقييم الاقتصادي لخيارات التوليد المـــزدوج وإزالة الملوحة "، وتم إجراء بعض التعديلات في هذا البرنـــامج لتطـــوير أداءه وخاصة فيما يتعلق بحسابات الأنظمة المهجنة. وقد وضعت عدة معايير فنيـــة و

اقتصادية للتقييم المقارن بين خيارات التحلية النووية المختلفة. وبناء علي نتائج هذا التقييم أوصت الدراسة بأن تكون أول محطة نووية في مصر مكونـــة مـــن المفاعل النووي طراز كاندو – 6 مربوطة به محطة التحلية من نوع التقطيـــر متعدد التأثيرات[84].

4-4-4: الخلاصة

يخلص الكاتب إلي أن البرامج النووية للاستخدامات السليمة تعتبر حتمية للعالم العربي، وبدون الدخول فيها ــ بوعي متعمق لمتطلبات القـــرن الحـــادي والعشرين والظروف السياسية التي تسود العالم ــ فلا تقدم ولا ازدهار ولا أمن للعالم العربي، فالأمن يعتمد علي التقدم والنمو وازدهار العلم، فلا تقـــدم بغيـــر علم، ولا علم بلا جهد دأوب.

ويوصي الكاتب بتفعيل البرامج النووية في الدول العربية بالوسائل التالية :

أولا : إعداد وتوفير الكوادر البشرية من العلماء والمتخصصين، مع تـــوفير المناخ المشجع لهم كي يتفرغوا للمهام المكلفين بها وذلك تحـــت مظلـــة قانون خاص جدا" وصارم جدا".

ثانيا : توفير الخامات النووية وخاصة خامات اليورانيوم ومعالجتهـــا حتـــى الحصـــول علي الوقود الطبيعي، مع توفير الاعتمادات المالية اللازمـــة وإعطاء هذا الموضوع أولوية خاصة لأهميته الرئيسية في أي برنـــامج نووي متكامل.

ثالثا : التعمق في دورة الوقود النووي والتعرف علميا وعمليا وتقنيـــا علـــي جميـــــع مراحلها حتي المستوي النصف صناعي.

رابعا : إعطاء القطاع الخاص الاستثماري الوطنـــي والقومـــــي فرصـــــة وتسهيلات مشجعة لجذب استثماراته في مجال إنشاء المحطات النوويـــة

لإنتاج الكهرباء وتحلية مياه البحر وغير ذلك من التطبيقات السلمية المفيدة.

خامسا : فتح مجالات للتعاون التقني وتقويته مع الدول الصديقة وتبادل الخبرات في عمليات التطبيقات السلمية في المجالات النووية وخاصة إنشاء مفاعلات القوي لتوليد الكهرباء وتحلية مياه البحر.

سابعا : البدا الفوري في عمل خطة علمية وعملية دقيقة لتوطين صناعات مكونات المحطات النووية محليا بشتى الوسائل مع توفير الاعتمادات المالية اللازمة، مع وضع جدول زمني لتنفيذ كل بند من بنودها.

ثامنا : أن تخصص كل دولة عربية نسبة 2% من دخلها القومي للصرف منها علي البحث العلمي **الموجه** لبحوث التطوير مع تجنيب جزءا" معقولا" منها للتطبيقات السلمية للطاقة النووية.

تاسعا : لابد أن تصر الدول العربية – التي وقعت علي معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية – علي حقها في الحصول علي الخبرات والمواد والمساعدات في كافة نواحي التطبيقات السلمية للطاقة النووية من الدول النووية أو من بعضها البعض دون قيود (مادة 4 من معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية). " Non Proliferation Treatry NPT "

وإذا رأت الدول العربية أن تلك الاتفاقية تمثل غبنا لها وتعارضا مع مصالحها فإنه يحق لها أن تنسحب منها طبقا للمادة العاشرة والتي تنص " تعطي لأي دولة طرفا في المعاهدة حق الانسحاب منها إذا رأت أنها تتعارض مع مصالحها، علي أن تبلغ هذه الرغبة إلي الدول الأطراف ومجلس الأمن قبل ثلاثة أشهر من الانسحاب وتبين فيه الأسباب التي دعت إلي ذلك" [86].

عاشرا": يجب أن لا تنسي أو تتناسى الدول العربية بمؤسساتها الحكومية والمدنية، وخاصة المراكز البحثية الخطر الداهم الذي يهدد أمنها بل

وبقائها مما تمتلك إسرائيل من ترسانة نووية مختلفة التنو ع، وبما لديها من وسائل حملها وإطلاقها إلي أعماق غالبية الــدول العربيــة [11&12]. أضف إلي ذلك أن الذي يسيطر علي مقاليد الأمور بدولة الصهاينة هــم مجموعة من الزبانية المتطرفين ويمثلون العقبة الحقيقيــة فــي عمليــة السلام، وخاصة خيار السلام الاستراتيجي الذي تتمسك به الحكومــات العربية ؟. ومما زاد الطين بله أن إسرائيل مدعمه سياســيا وعســكريا واقتصاديا من الولايات المتحدة الأمريكية بلا أدني تحفظات.أما الــدول الأوربية فإنها داعمة لإسرائيل عمليا، وإن كانت بعض الــدول تطلــق بعض التصريحات السياسية التي لا تفيد في أغلب الأحيان. أمــا عــن روسيا المفككة وآسيا وأمريكا اللاتينية فالكل يبحــث عــن أيــن يجــد مصالحه بغض النظر عن الأخلاقيات والضمير الإنساني.

كذلك يجب أن لا تنسي المؤسسات العسكرية في شتي الدول العربية ما وصلت إليه التقانات العسكرية في إسرائيل وما لديها مــن ترســانة نوويــة... والبحث عن رادع مناسب يمكن أن يكون جاهزا وقت الخطر.... وإنني علــي يقين أن بتلك المؤسسات العسكرية العربية عقولا فذة وقيادات تعلم مقــدار مــا يحيط ببلادنا العربية من مخاطر جســيمة وهــي قــادرة ــ بنظرتهــا الثاقبــة وإخلاصها لأوطانها وقوميتها ــ علي وضع إستراتيجية دفاعية رادعة لكل من تسول له نفسه الاعتداء عليها، حتى تضمن السلام الحقيقــي والأمــن والأمــان لشعوبها.

المراجـــــــع والمصادر

1) http://www.uic.com.au/uicphys.htm

2) http://www.antenna.nl/nvmp/plato3htm

3) عبد العزيز، محمد عزت، 1998: " تكنولوجيا الإشعاع للاستخدامات الطبية والصناعية والبيئية": صادر عن شركة إلكترومتري، القاهرة،222 صفحة.

4) (http://www.uic.com.au/nip18htm)

5) Encyclopedia Americana, 1982, vol. 22, p.261

6) http://www.em.doe.gov/timeline/source.htm

7) Misuru Ohba,Bomb: WWW.CSI .AD.JPL/Abomb/inde

8) فرج، طارق عبد العزيز، 1999: "الوثيقة الذرية ، قراءة في الملف الذري منذ 2 بليون سنة": زهران للخدمات الإعلامية والدعاية والإعـــلان، القاهرة، 131 صفحة.

9) جريدة صوت الأمة العدد 100 بتـــاريخ 2002/10/28 (عـــادل حمـــودة بمشاركة من توماس جورجيسيان من واشنطن، الترجمـــة عـــن العبريـــة: الحسين محمد).

10) Federation American Scientists FAS.org2-7-7, History of Nuclear Weapons-a Israel

11) عطية ، ممدوح حامد ، 1994: الردع النووي الإسرائيلي، سلســـلة العلـــم والحياة (53)، الهيئة العربية للكتاب، القاهرة، 143 صفحة.

12) عطية، ممدوح حامد ، 1997: البرنـــامج النـــووي الإســـرائيلي : الهيئـــة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 254 صفحة.

13) http://webmineral.com/Alphabetical_Listing.shtml

14) www.ashahi-net.or.jp/djqk-smz/remc/uranium.html

15) Red Book :OECD/NEA and IAEA,1999:Uranium resources, production and deman: A joint report. pp. 1-340.

16) Red Book :OECD/NEA and IAEA 2001:Uranium resources, production and deman: A joint report. pp. 1-350.

17) Red Book :OECD/NEA and IAEA 1990:Uranium resources, production and deman: A joint report.

18) Salman, A.B., 1983:Uranium Potentiality and significance of the bostonite generations, central Eastern Desert Egypt: Ain Shams Univ. Sci. Bull. No. 28,B, 1982 - 1983, pp. 63- 81.

19) Salman, A.B., El Aassy, I.E. and Shalaby, M.H., 1986: New occurrence of uranium mineralization in Gabal Qattar, North Eastern Desert, Egypt: Annals, Geol. Surv. Egypt, V.16.31-34, 1986 - 1990.

20) Salman, A.B., 1982: Application of statistical analysis in studying radioactivity distribution and significant structural trends in Wadi El Kereim Environs, central Eastern Desert ،Egypt: Seventh International Congress For Statistics, Computer Science, Social and Demographic Research, 27 March - 1 April 1982. Ain Shams Univ., Cairo, Egypt, pp. 507-528.

21) Salman, A. B., (1983): Uranium Potentiality and significance of the bostonite generations, Central Eastern Desert, Egypt: Ain Shams Sci. Bull No. 24-B, 1982-1983,63-81.

22) Salman, A.B., 1994: Potential uranium province in some Arabian countries: 2nd Arabian Conference for the Peaceful Applications of Atomic Energy, Cairo, Egypt, Feb. 5-9, 1994, 22p.

23) Salman, A.B. 1997: Environmental assessment and control in some uranium exploratory mines, Egypt. Doha International Conference for Environment Control & Protection, 1-3 December, 1997, 14p.

24) Salman ABI, 1968: Geology and radioactivity of some radioactive occurrences, Wadi El Kereim-El Oweirsha area, Eastern Desert. Egypt: M.Sc. Thesis, Fac. of Sc., Ain Shams University, Cairo, Egypt

25) Salman A.B.,1975: Structure and radioactivity of some phosphate deposits, East Luxor area, Egypt. Ph. D. Thesis,Fac. of Sc., Ain Shams Univ., Cairo, Egypt.

26) Salman, A.B., M.H., Shalaby and L.M. Noseir, 1990: Uranium province, Northern Red Sea Hills, Egypt: Proceedings of the

International Earth Sciences Congress on Aegean Regions, Izmir, Turkey, V.1, pp. 89-101, 1990.

27) Salman, A.B. and I.E. El Aassy, 1983: Radioactivity and uranium distribution in Wadi Araba Late Paleozoic sediments, north Eastern Desert, Egypt: Annals of the Geological Survey of Egypt, 1983 V . ،13pp. 75 - 84.

28) Salman, A.B. and L.M. Nosseir 1988: Geology and radioactivity of Gebel Abu Khashaba, north Eastern Desert, Egypt: Proceedings of the 4th Conf. Nuc. Sc. & Appl., 1988, Cairo, Egypt, 1, (P. 2.1.1/6), pp.142-148.

29) Salman, A.B., , and I.E. El Assy (1983): Radioactivity and uranium distribution in Wadi in Araba Late Paleozoic sediments north Eastern Desert , Egypt. Annals of . Geol. Surv. Egypt, 13,53-60.

30) Salman, A.B., I.E. El Aassy, and M.H. Shalaby, (1986-1990): New occurrence of uranium mineralization in Gabal Qattar, North Eastern Desert, Egypt: Annals of the Geol. Surv. Egypt V.XVI (1986-1989), 31-34.

31) Salman, A.B., I.E.El Aassy and M.L .El Rakaiby, 1984: Contribution to radioactivity of south Western Desert, Egypt: Annals of the Geological Survey of Egypt, Cairo, 1984, V. 14,pp. 43-57.

32) Salman, A.B., M.H. Shalaby and H.M. Abdel Monem, 1988: Geological and beneficiation studies on euxenite bearing pegmatite rock of Gebel Dara ،north Eastern Desert, Egypt: Proceedings of the 4th Conf. Nuc. Sc. & Appl., 1988, Cairo, Egypt, 1, (P.2.2.1/ 1), pp.269-277.

33) Salman, A.B., M.H. Shalaby and I.A.El Kassas,1988: Distribution and intensity of radioactive anomalies in Wadi Dara area, north Eastern Desert, Egypt: Proceedings of the 4th Conf. Nuc. Sc. & Appl., 1988, Cairo, Egypt, 1, (P. 2.1/ 5).pp. 134-141.

34) Salman, A.B., Y.A. El Sheshtawi, M.M. Aly and E.A. Hamouda, 1989: Radioelements distribution in some granitoid rocks from the North Eastern Desert of Egypt: Reprinted from the Mans. Sci. Bull., V. 16(1) ,pp. 17-39.1989.

35) Salman,A.B. , et al :1994.Gebel Qattar prospect, an obvious model of intragranitic uranium mineralization: 2nd Arabian Conference for

the Peaceful Applications of the Atomic Energy, Cairo, Egypt, Feb. 5-9, 1994, 12p.

36) Salman,A.B., M.H. Shalaby and H.A. Khamis, 1996: Radioactivity and uranium potentialities of Wadi Hammad area, North Eastern Desert, Egypt: Proceedings of the 6th Conference on Nuclear Sciences and Applications (15-20 March 1996, Cairo, Egypt), V.III, 436-453

37) Salman A.B. M.A. El Ghawaby, H.El Amin, 1964: "On the results of drilling at uranium occurrences of El Atshan locality, central Eastern Desert, Egypt": Geology and Raw Materials Dept, AEE Internal Report.

38) Abdel Monem,A.A. and A.B. Salman, 1988: Development of Gebel Gattar uranium prospect, Eastern Desert, Egypt: Proceedings of the 4 th Conf. Nuc. Sc. & Appl., 1988, Cairo, Egypt, 1, (P-2, 1.1/3). pp. 129-133.

39) El Shazly, E.M., Abdel Hady, M.A., Salman, A.B., El Rakaiby, M.M. and El Aassy, I.E., 1982: Natural resources investigation in west Kharga Oasis plain, Western Desert, Egypt, Using Landsat imagery interpretation: Cook, J.J. Proceedings of the International Symposium on Remote Sensing of Environment, First Thematic Conference, Remote Sensing of Arid and Semi-arid lands. Environ. Res. Inst. Mich., Ann Arbor, MI, United States, 1982, pp. 1283-1305.

40) El Shazly, E.M., Salman, A.B., Aly, M.M., El Aassy, I.E. and El Rakaiby, M.M, 1979: Discovery of phosphate in the north Eastern Desert, Egypt: Issawi, Bahay. Proceedings of the International Meetings held on Occasion of the Fifth Conference on African Geology, Geol. Surv. Egypt and Min. Auth., Cairo, Egypt, Geol. Surv. Ann. 9, 1979 pp. 551-563.

41) Mahdy, M.A. A.B. Salman and A.H. Mahmoud, 1990: Leaching studies on the uraniferous Hammamat sediments, Wadi Balih, northern Eastern Desert, Egypt: Proceedings of Fourteenth Congress for Minerals, Materials and Industry, Council of Mining and Metallurgical Institutions, organized by the Institutions of Mining and Metallurgy (Imm), Edinburgh, Scotland, 2-6 July, 1990, pp. 229-235 .

42) Mahdy, M.A., A.B. Salman and H.S. Assaf, 1994: Bostonite rocks as additional uranium resources in Egypt: 2nd International Conference on Geology of the Arab World, Cairo, January 22-26, 1994, 26p.

43) Rabie, S.I., Shaban, M.A., Abdel Hady ،H.M. and Salman, A.B., 1994: Geophysical exploration of G.V. prospect area, G. Gattar, N.E.D. Egypt: Fac. Sc., Zagazig Univ., Egypt, Bull. 1994, 16(2a), pp. 221-246 .

44) Shaban, M.A., Rabie, S.I., Salman, A.B. and Ibrahim, R.A, 1994: Geological and geophysical exploration for uranium mineralization in Qattar-V prospect, Gabal Qattar area, North Eastern Desert, Egypt: Bull. Fac. Sc. Zagazig Univ., Egypt, 1994 16(2)a, pp. 198-220.

45) الهيئة العربية للطاقة الذرية 1993، " الــذرة والتنميــة " نشــرة علميــة إعلامية تعني بالتطبيقات السلمية للطاقة الذري، تونس، الجمهورية التونسية

46) العطية موسى جعفر ، أسلوب التحري الجيوكيميائي عن ترسبات خامات اليورانيــوم ، نشرة الذرة والتنمية ، الهيئة العربية للطاقة الذرية ، المجلد 11 ، العدد الثاني، 1999.

47) Cameron, J.1966 : Lecture Conrse in Uranium exploration : Internal report,Atomic Energy Establishment Geology and Naclear Rav Materials Depastment, Cairo, Egypt,108p.

48) سالمان، عبد العاطي بدر 1995 طرق احتياطات خامــات اليورانيــوم و الثوريوم: مجلد وقائع البرنامج التدريبي حول دورة الوقود النووي من الخام من الركاز الأصفر: الهيئة العربيــة للطاقة الذرية بالاشتراك مــع هيئــة المواد النووية القاهرة 2-1995/12/20. صفحات129 -153.

49) مهدي، محمد عبد الحكم 1997: المراحل الرئيســية لتحضــير الكعكــة الصفراء: مجلد وقائع البرنامج التدريبي حول : دورة الوقود النووي مــن الخام حتي الركاز، الهيئة العربية للطاقة الذرية وهيئــة المــواد النوويــة، القاهرة 2-1995/12/20، صفحات 172-206.

50) حسن، ممدوح عبد الغفور، 1997 : مقدمة عن خامات اليورانيوم ودورة الوقود النووي : مجلد وقائع البرنامج التدريبي حول : دورة الوقود النووي من الخام حتي الركاز، الهيئة العربية للطاقة الذرية وهيئة المواد النوويـــة، القاهرة 2-1995/12/20، صفحات 7 – 26.

51) Tassinari C.C.G and P.M.C Barreto ,1992: Uranium in granitoids: Recognition criteria of uranium provinces in Brazil: IAEA-TECDOC-650, 1321.

52) Rogers, J.W., 1978: Uranium in Pan-African Belts: Proceedings of the Second Symposium on the Geology of Libya,Tripoli.V.III,1045-1049.

53) Dahlkamp,F. J., 1987: Classification scheme for uranium ore deposits. A state of the art review: Proceedings of Technical Committee Meeting on Metallogenesis of Uranium Deposits organized by the IAEA.Vienna, 31p.

54) El Gaby, S., K.F. List, and R. Therani, (1990): The basement complex of the Eastern Desert and Sinai. In: The Geology of Egypt, R. Said, editor, Ch.10. Balkema, Rotterdam , Netherlands, 175-184.

55) Salman, A.B., 1975: Sructures and radioactivity of some phosphate deposiys,East Luxor,EGYPT: Ph.D.Thesis,Ain Shams Univ., Caino,Egypt.

56) Duyverman .H.J.,1984:Late Precambrian granitic and volcanic rock and their rule to the cratonisation of the Arabian Shield : Proceedings of a ymposium on Pan-African Crustal Evolution in the Arabian – Nubian Shield .G.C.P.No 164,held on 1-3Feb. 1982 ,K.A.Univ., F.E.S.BULL.,No,-6,49-69.

57) Powers .R. W .,L .F .Ramirez, C.D .Redmond and Jr .E .L .Elberg, 1966:Geology of the Arabian Peninsula, Sedimentary Geology of Saudi Arabia, U.S.Geol.Survery Prof.Paper.560-D,147p.

58) De Voto, R.H.,1982: Uranium exploration: in uranium geochemistry ,mineralogy ,geology , exploration and resources. UB/TIB Hannover, FH2079,101-108

59) Alfotawi ,B.A.,M.A Gazzaz and ,.A.Hassan 1991 : Uranium and thorium environment in Haql granite in Midyan Region ,Northwest of Saudi Arabia: J.KAU,Earth Sci ,4,161-170.

60) Stuckless, J. S., I, T. Nkomo, D. B., Wenner and G.Vantrump, 1983:Geochemistry and uranium-favourabelity of the postorogenic granites of the Northwestren Arabian Shield, Kingdom of Saudi Arabia: Bull. Fac .Earth Sci. King Adbulaziz Univ., 6,195 –209.

61) Salman, A. B., M.H. Shalaby and L.M. Nossair, (1990): Uranium Province, North Red Sea Hills, Egypt:Proceedings of the International Earth Sciences Congress on Aegean Regions, Izmir, Turkey 1-6 October 1990 ,V.1,89-101.

62) Afifi ,Sofia ,Y., 1991 :Geochemical investigation of some radioactive lower Carboniferous sedimentary rock of Wadi Nasib area, West Central Sinai Egypt : M.Sc .Thesis .Fac .Sci Suez Canal Univ., Egypt, 250p.

63) Salman, A.B., and I.E. El Assy (1983): Radioactivity and uranium distribution in Wadi Araba Late Paleozoic sediments ,north Eastern Desert, Egypt.: Annals of Geol. Surv. Egypt, 13,53-60.

64)معطي، ميخائيل، 1997: اليورانيوم وأعمال التنقيب عنه في سورية: مجلد الخامات الذرية في الوطن العربي، الهيئة العربية للطاقة الذرية تونس 1997. صفحات 49 -88.

65) Sadig ,A.,Y.M.Ahmed .B.W. Charbonneau and G. M .Lecheminant , 1988 : The Uro radiometric anomaly – uraniferous phosphate in a tectonic breccias (Nuba –Mountains), Kordofan Province ,Sudan : Uranium 4,351-363

66) Parslow ,G.R.,B Khalil and A.R.K. Hassan 1992: Baseline uranium exploration surveys and the early detection of potential natural hazards: Acase history from Sudan : Proceedings of a Technical Committee, Meeting Vienna (IAEA-TECDOC-650),P.22-29

67) Nagati ,M., 1986: Possible Mesozoic rifts in Upper Egypt :An analogy with the geology of Yemen –Somalia rift basins : EGPC 8Th Exploration Conference ,Cairo ,Egypt , 20 p .

68) Ghuma, M. A. and J.W.Rogers ,1978: Pan African Evolution in Jamahiria and North Africa : P roceedings of the Second Symposium of the Geology of Libya ,Tripoli , V.VIII,1059-1064.

69) Red Book: OECDLNEA and IAEA 1989:Uranium resourcesm Production,and demend: A joint report.

70) البشير، صالح، 1997: الوضع الحالي لخامات اليورانيوم فـــي الأردن: مجلد الخامات الذرية في الوطن العربي، الهيئة العربيـــة للطاقـــة الذريـــة، تونس، صفحات 91 حتي 103.

71) Parslow, G.R. and Karyma.R,1993: Economic potential of black shale : The Bakken Formation in Sasket Chewan. Technical Committee on Recent Developments in Uranium Resoures and supply. Vinna,24-28 May1993.

72) المخروف، علي أحمد، إبراهيم عمر اليتر، المهدي رمضـــان الخـــرزة وحمزة بريك حمزة، 1993:الخامات الذرية في الجماهيرية الليبية: مجلـــد وقائع ندوة الخامات الذرية في الوطن العربي، هيئة الطاقة الذرية العربية، تونس، صفحات 105-118.

73) Baegi M.B.,H.S. Assaf and K.M. Hangari,,1991 : AL Awaynat surface uranium mineralization –a new approach to its origin : in the Geology of Libya,3rd Symposium on the Geology of Libya held at Tripoli , September 27-30,1987,VIII,2619-2626.

74) Wilpot ,R.H.and S.d. Simov, 1979: Uranium Deposits in Africa , IAEA-AG 10911,pp.5-19.

75) Bowie ,S.H.U., 1970 :World uranium deposits : proceeding of uranium Exploration Geology Panel Vinna 13017 April,1970 (IAEA-PL-391/19)P,.23-34.

76) Goudarzi .G.H.,1978:Structure – Libya :Proceedings of the Second Symposium on the Geology of Libya ,Tripoli, September 16-21,1978,VIII,879-892 .

77) Bellini, E. and Massa ,1978 : A stratigraphic contribution to the Paleozoic of the southern basins of Libya: Proceeding of the Second Symposium on the Geology of Libya Tripoli , V. I,3-56.

78) EL Aassy, I. E. E., 1984 : Contribution to the radioactivity of Paleozoic rocks in Gebel Oweinat Area, Southwestern Desert, Egypt: Arab J. of Nuclear Sciences and Applications, Cairo, Egypt ,17-2, 339-335.

79) Red Book :OECD/NEA and IAEA 1982:Uranium resources, production and deman: A joint report.

80) الزعيتري، جمال عبد الجليل، 1997: الوضع الحالي للخامات النووية لليمن وأساليب الاستفادة منها : مجلد الخامات الذرية في الوطن العربي، الهيئـــة العربية للطاقة الذرية تونس، صفحات من 181 حتي 214.

81) http://www.unfpa. Org/profile/overview-arab.htm

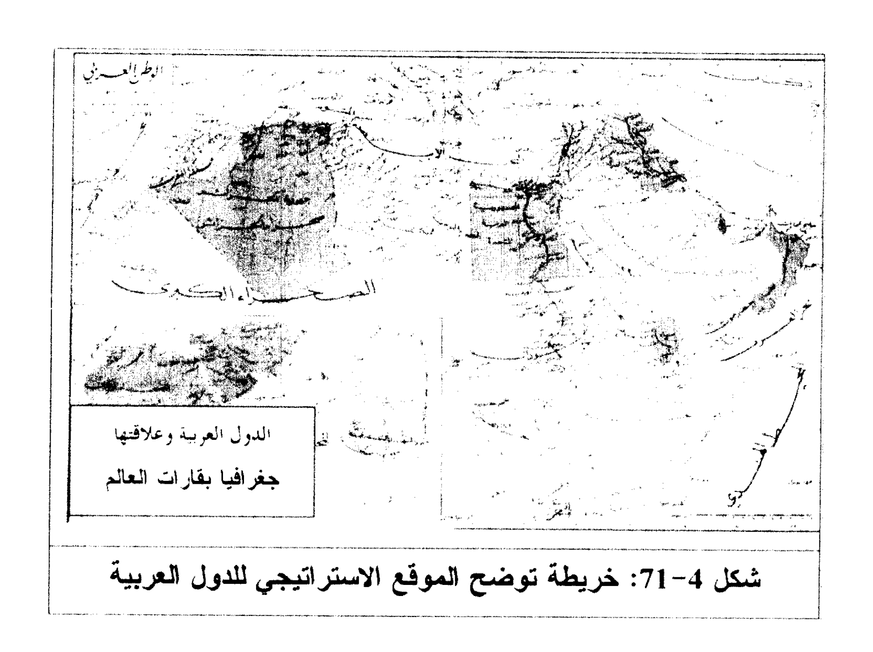
82) http://www.un.org/bobin/fao/arabstat.htm.

83) الدوري، يعرب قحطان، 1999: الحاجة الي الطاقة النووية، نشرة الذرة والتنمية، الهيئة العربية للطاقة الذرية، تونس، صفحات 26-28.

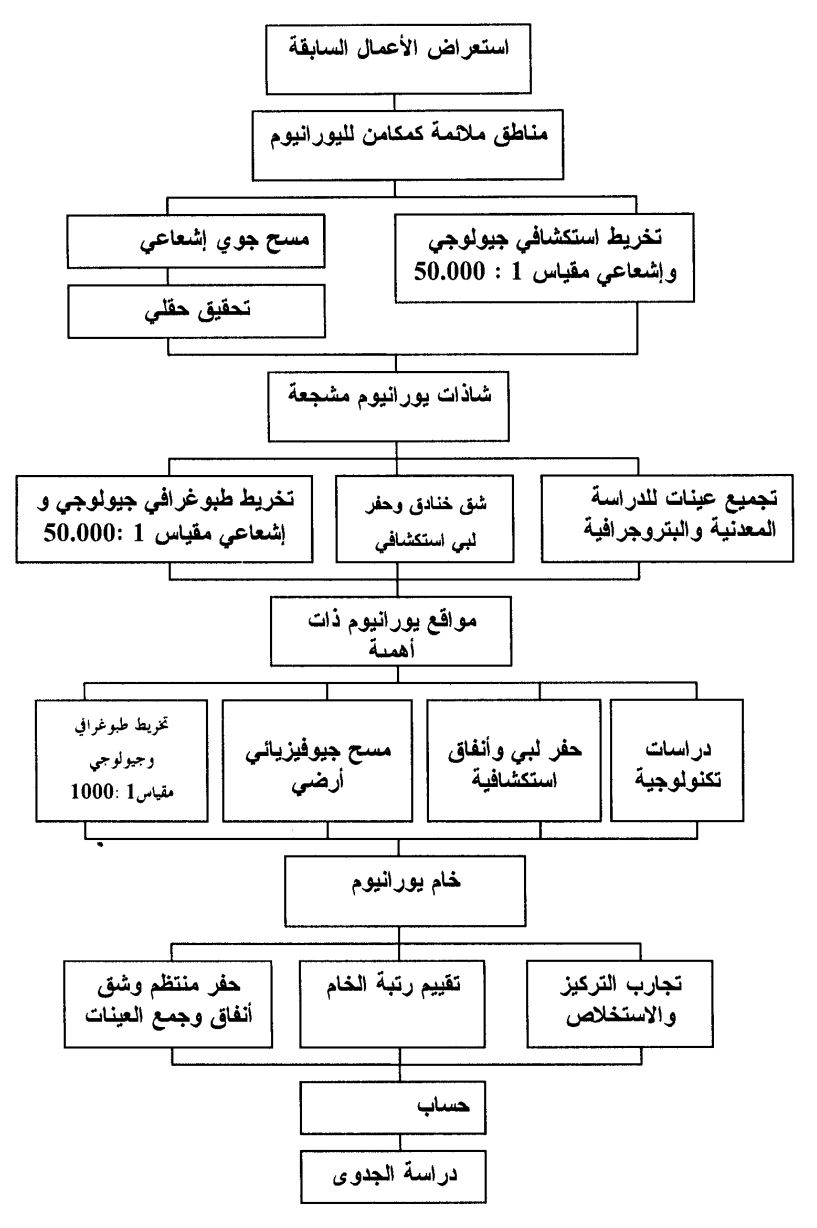
84) Hammam , A.S. and F.A.Srour, 1998: Preliminary assessment of Egyption nuclear desalination options . 4th Arab Conf. For Peaceful Uses for the Atomic Energy, Arab Authority for Atomic Energy, Tunis,p 184-185

85) www.mem-algeria.org/minning/c_pot.htm

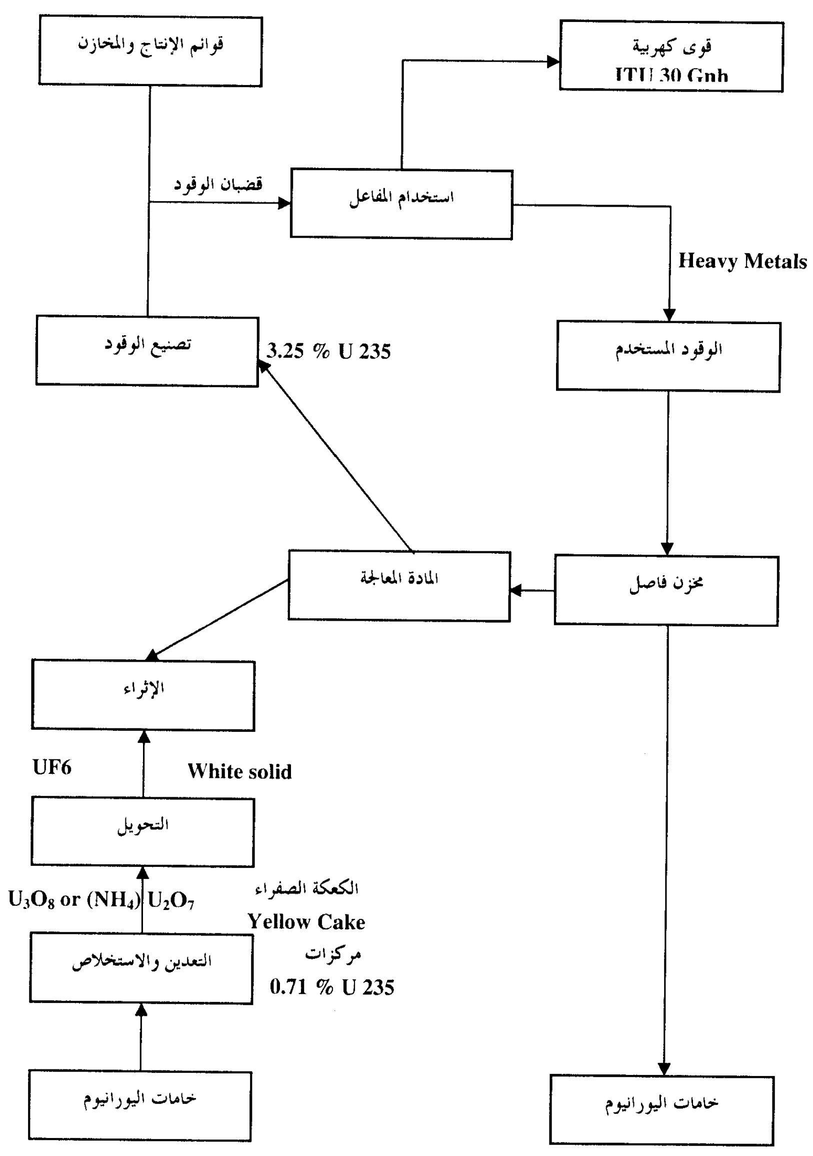
86) حسن، ممدوح عبد الغفور، 2000: الثقافة النووية للقرن 21، مايجب أن تعرفة عن أساسيات التكنولوجيا النووية: دار الفكر العربي، القـــاهرة 207 صفحة.



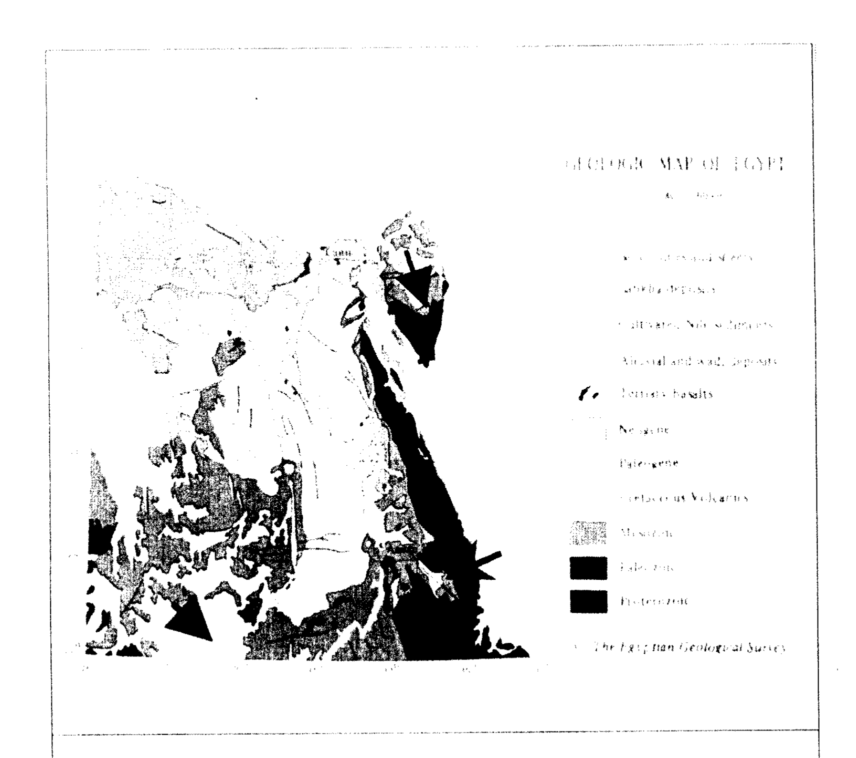
شكل 4-71: خريطة توضح الموقع الاستراتيجي للدول العربية



شكل 4-72 : مراحـل استكشـــــاف



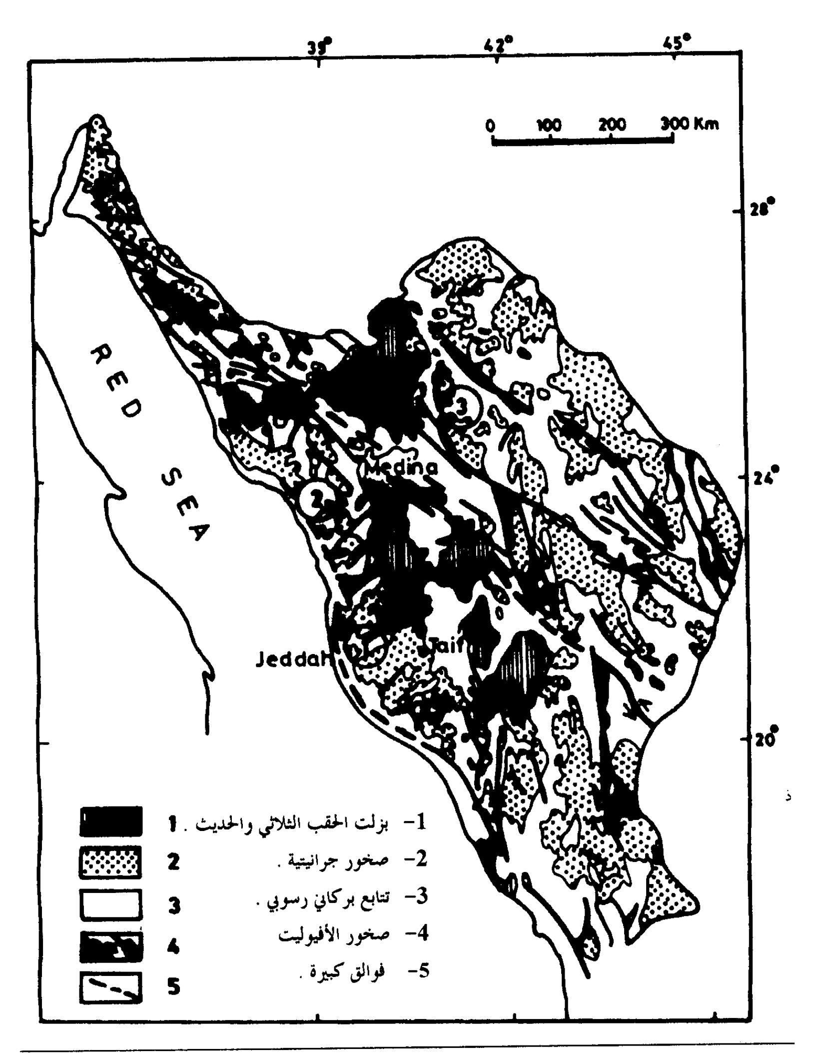
شكل رقم 4–73 دورة الوقود النووي



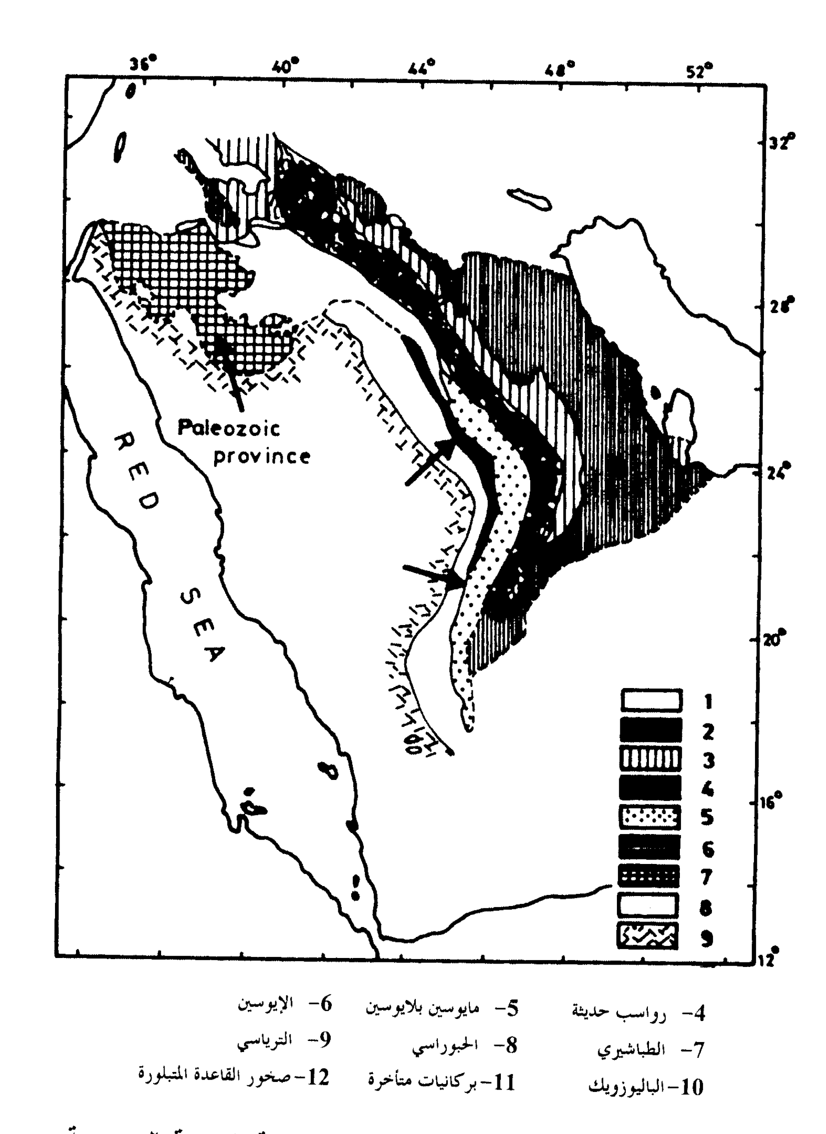
شكل 4-74: خريطة جيولوجية مبسطة لمصر عليها بعض مكامن اليورانيوم المحتملة (الأسهم تشير إليها)



شكل 4-75: خريطة جيولوجية توضح حوض ام طواط (اتجاه السهم المزدوج) كإحدى مكامن اليورانيوم المحتملة بصحراء مصر الشرقية (الأسهم الصفراء تشير إلي اتجاه حركة اليورانيوم)

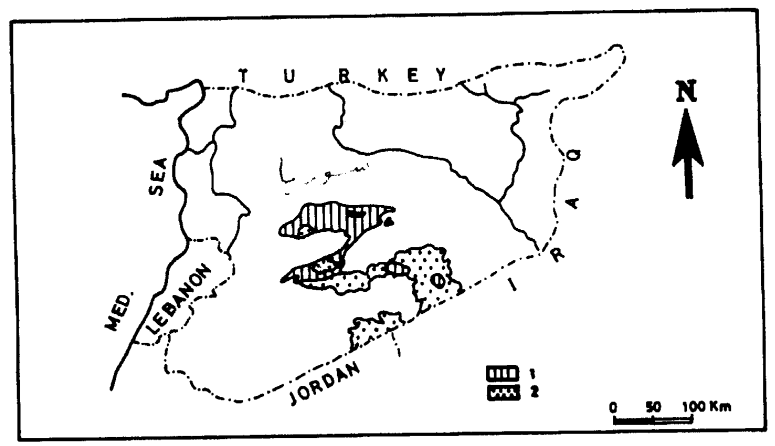


(شكل 4-76): خريطة جيولوجية توضح مكامن اليورانيوم بالصخور الجرانيتية،المملكة العربية السعودية



4- رواسب حديثة　　5- مايوسين بلايوسين　　6- الإيوسين
7- الطباشيري　　8- الجوراسي　　9- الترياسي
10- الباليوزويك　　11- بركانيات متأخرة　　12- صخور القاعدة المتبلورة

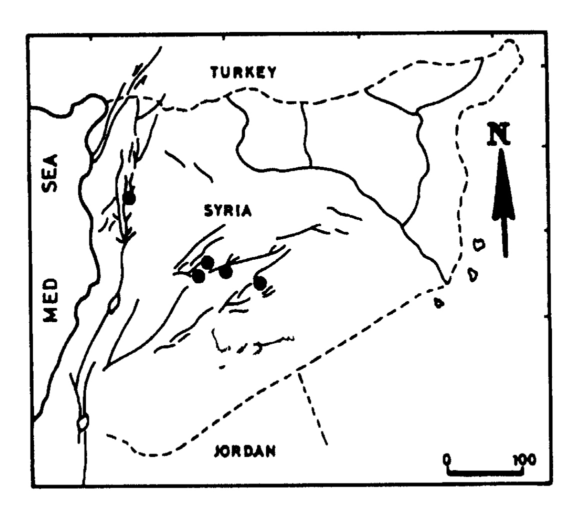
شكل 4-77: خريطة مبسطة لجزء من المملكة العربية السعودية عليها بعض مكامن اليورانيوم المحتملة (اتجاه الأسهم)



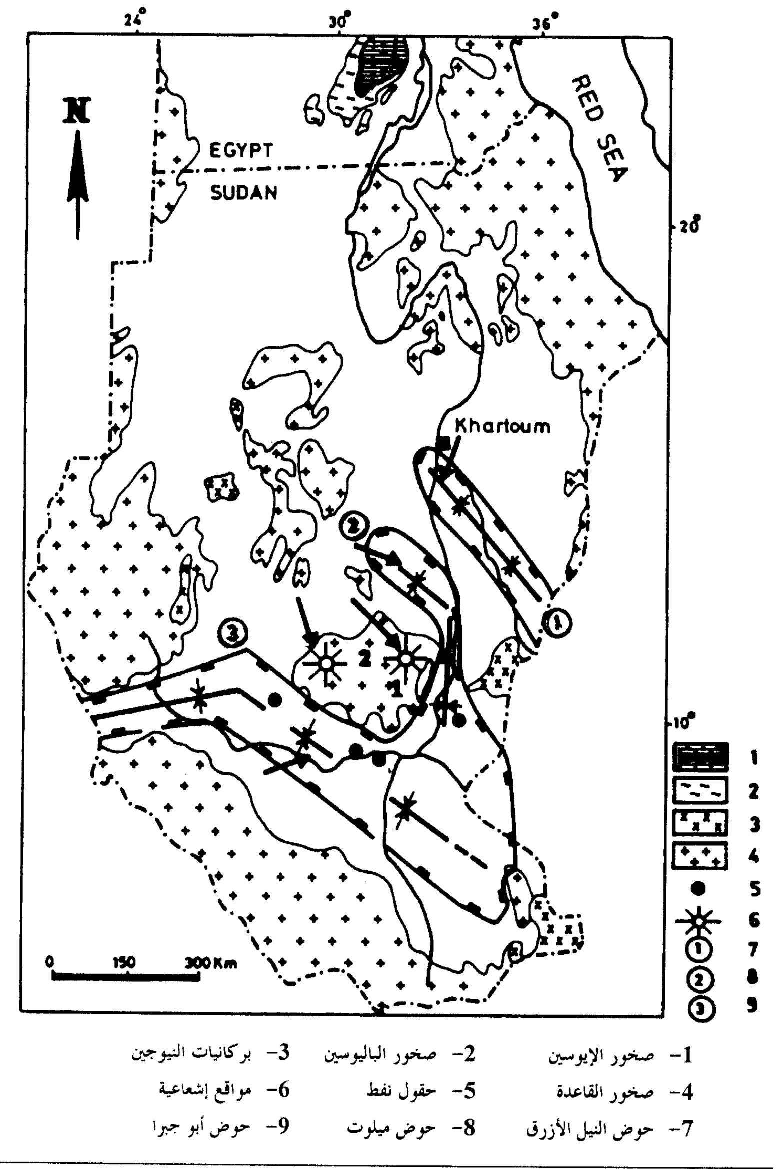
1- رواسب فوسفات العصر الطباشيري الأعلى .

2- رواسب فوسفات عصر الإيوسين الأسفل .

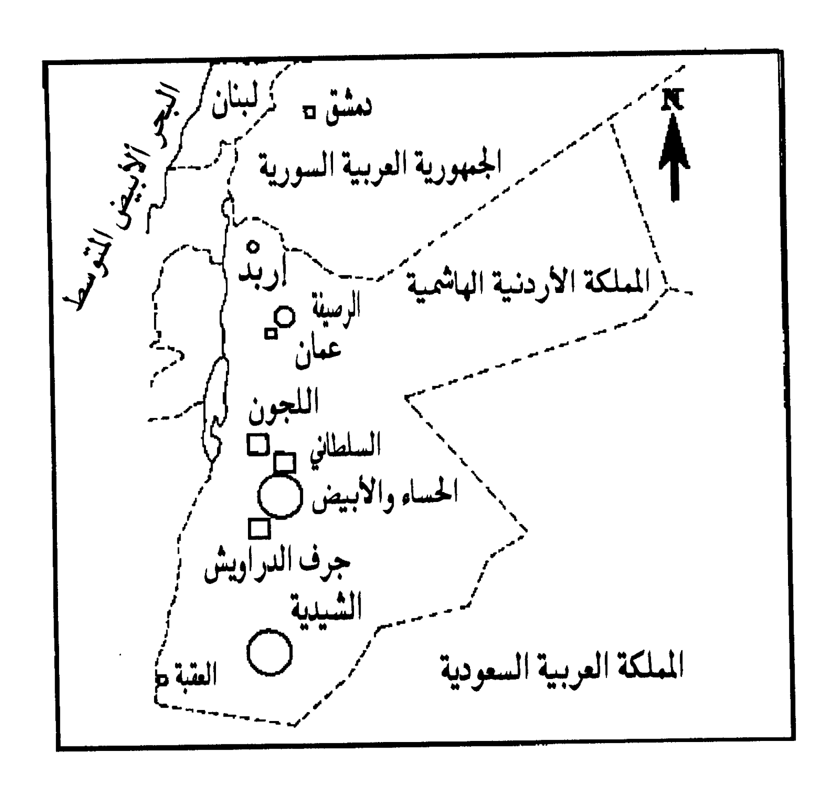
شكل 4-78:خريطة توضح رواسب الفوسفات في سوريا



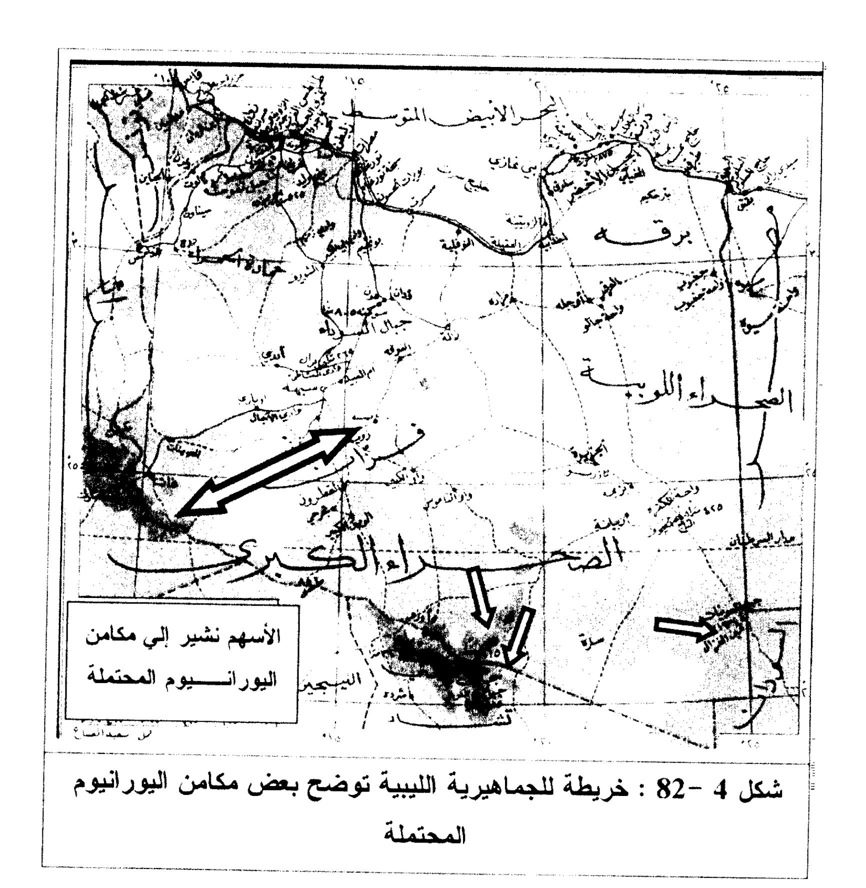
شكل 4-79: خريطة توضح مواقع قياسات غاز الرادون في سوريا



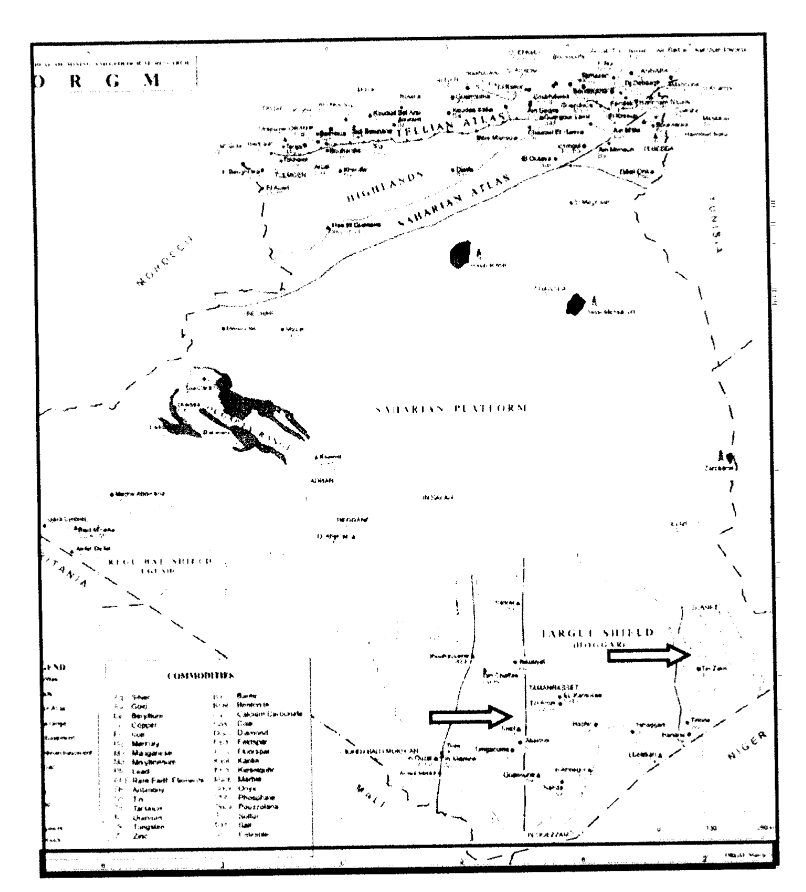
شكل 4-80: مواقع مكامن اليورانيوم المحتملة بالسودان[67](الأسهم تشير إليها).



شكل 4-81: خريطة للأردن توضح مواقع خامات الفوسفات (70)

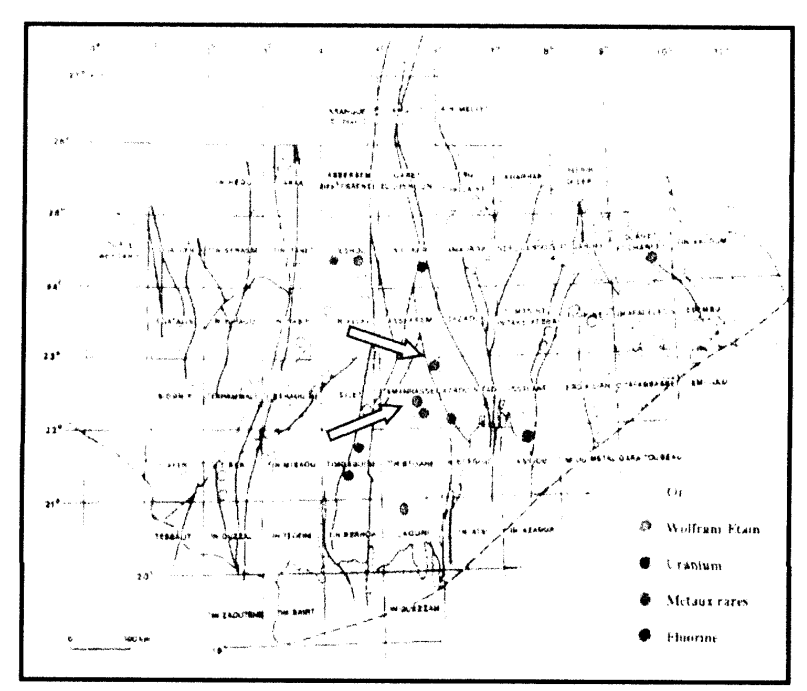


شكل 4 -82 : خريطة للجماهيرية الليبية توضح بعض مكامن اليورانيوم المحتملة



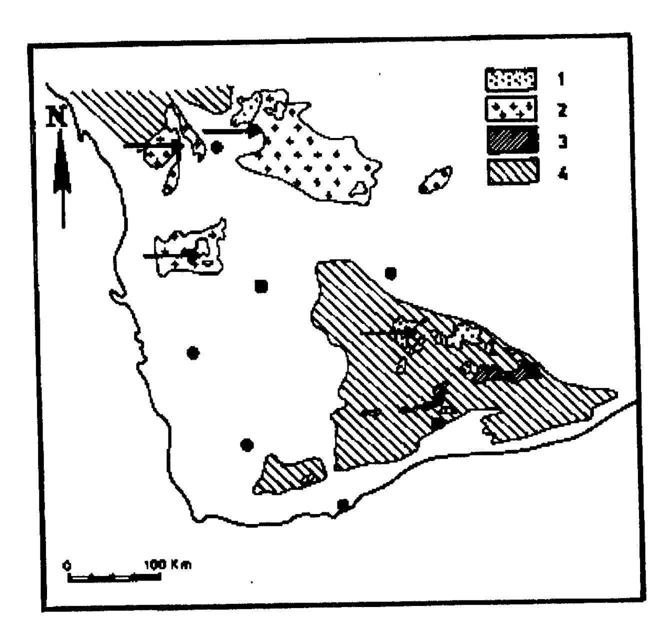
شكل 4-83: خريطة توضح بعض مكامن اليورانيوم المحتملة في الجزائر

(الأسهم تسير إليها) (85)



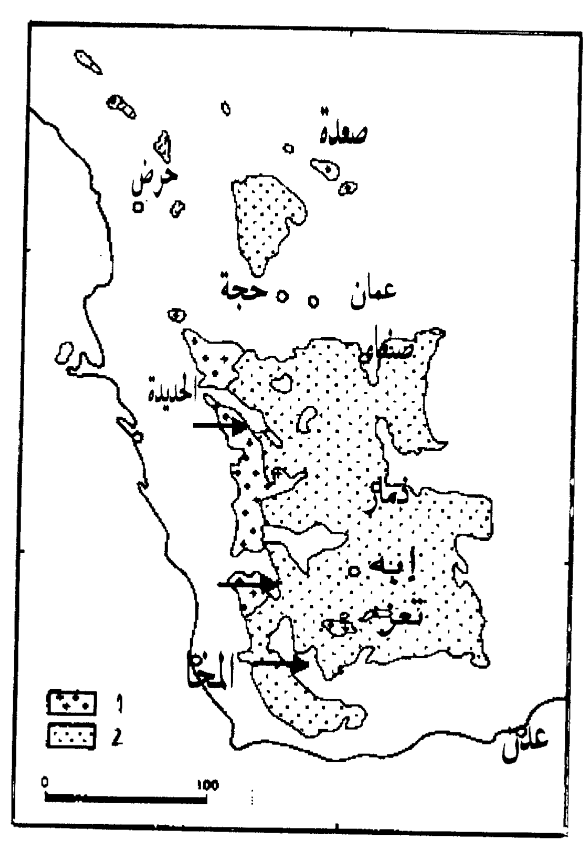
شكل 4-84: خريطة توضح بعض مواقع خامات اليورانيوم في الجزائر

(الأسهم تسير إليها) [85]



1- صخور تكونت بعد الحركات التكتونية
2- صخور تكونت آخر الحركات التكتونية
3- صخور جرانيتية تكونت بعد الحركات التكتونية
4- صخور متحولة وقديمة

شكل 4-83:خريطة توضح أنواع صخور القاعدة المعقدة ويظهر فيها الصخور الجرانيتية كمكامن محتملة لليورانيوم (الأسهم تشير إليها)



1- متداخلات جرانيتية

2- بركانيات اليمن

شكل 4-84:خريطة توضح تداخلات الصخور الجرانيتية وبركانيات صخور العصر الرباعي كمكامن محتملة لليورانوم (الأسهم تشير إليها)

تصـــويبـــات

كتاب العصر النووي (الطبعة الأولي)

الصفحة	الخطأ	الصواب
صفحتي الغلاف	سلمان	سالمان
56	السطر3(..جريكو−2) 2 (2 and..)	تشطب 2 الموجودة خارج القوسين)
116	شكل 2-47	شكل 2-46
128	القصير	الطويل
131	السطر 8 في الفقرة الأولي [26]	Salman et al..,1983 to 1996) [26-37]
136	مرجع [39] السطر 3 قبل أخر الصفحة	[45] مرجع
139	شكل 3-49 شكل 3-1	شكل 3-52 يشطب
141	مرجع [39] السطر 3	مرجع [45]
153	شكل3-54	شكل3-55
157	شكل 3-55 شكل 3−56 شكل 3−57 و 3-58	شكل 3−56 شكل 3−57 شكل 3-58 و 3- ′58
159	شكل 3−57	شكل 3-58
160	شكل 3-58	شكل 3- ′58
178	يوجد ترحيل في تتابع الكتابة	تأتي كلمة التعقيدات بعد كلمة بسبب في السطر 12
195	شكل 3-18	شكل 3-69
204	شكل 3-63 الموجود بأخر الصفحة	شكل 3-65
212	شكل 4-72	شكل 4-73
245	(مرجع 32) نهاية الفقرة الأولي	يشطب
259	السطر 8 مرجع [81]	مرجع [80]
272	مرجع رقم 13 يستبدل	http://www.student.nada.kth.se
273	مرجع رقم 21	مكرر ويلغي (معذرة)
274	مرجع رقم 29 مرجع رقم 30	مكرر ويلغي (معذرة) مكرر ويلغي (معذرة)
276	مرجع 48: طرق احتياطيات	طرق حساب احتياطيات
283	شكل 4-73	يضاف سهم رأسي من الإثراء إلي تصنيع الوقود
287	شكل 4-77: ترتيب مسميات مفتاح الخريطة من 4 إلي 12	ترتيب مسميات مفتاح الخريطة من 1 إلي9 بنفس الأسماء
288	شكل 4-78 و 4-79	ناقص كتابة أسم البلد علي الخريطة
290	شكل 81 الكتابة علي الخريطة ليست مرضية (معذرة)	
292 و293	الخرائط غير واضحة (معذرة)	
294	شكل 4-83 ناقص أسماء المدن علي الخريطة (معذرة)	